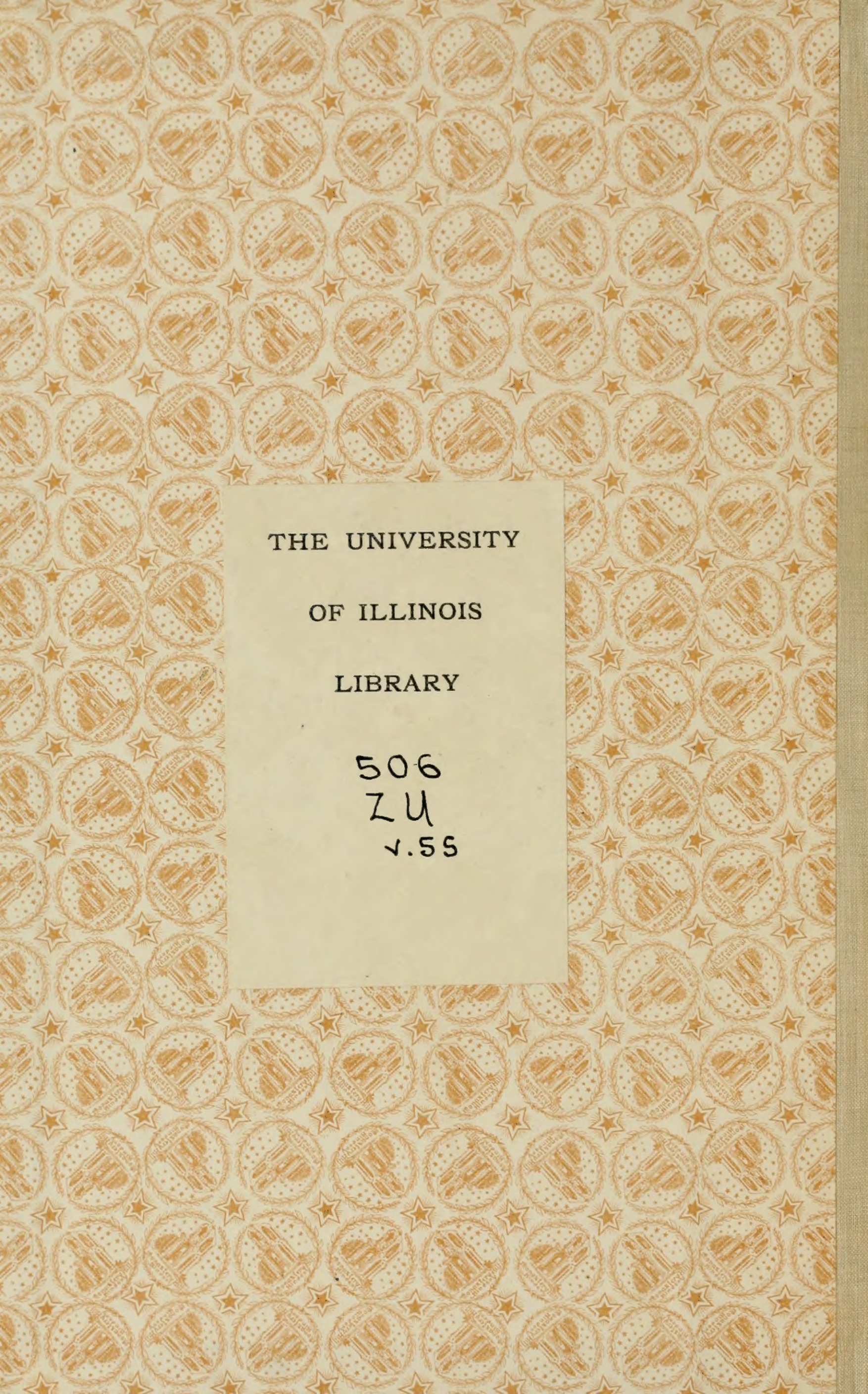
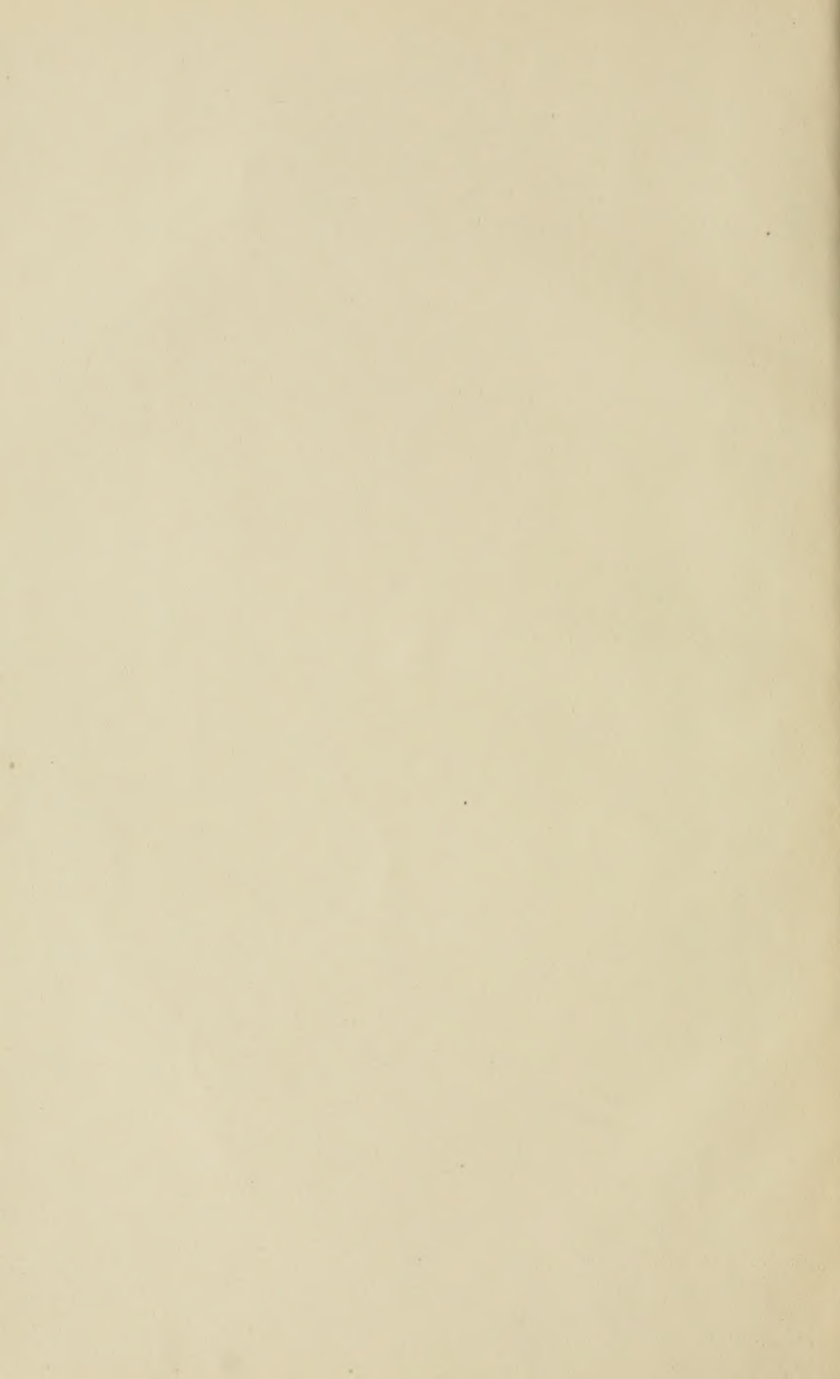
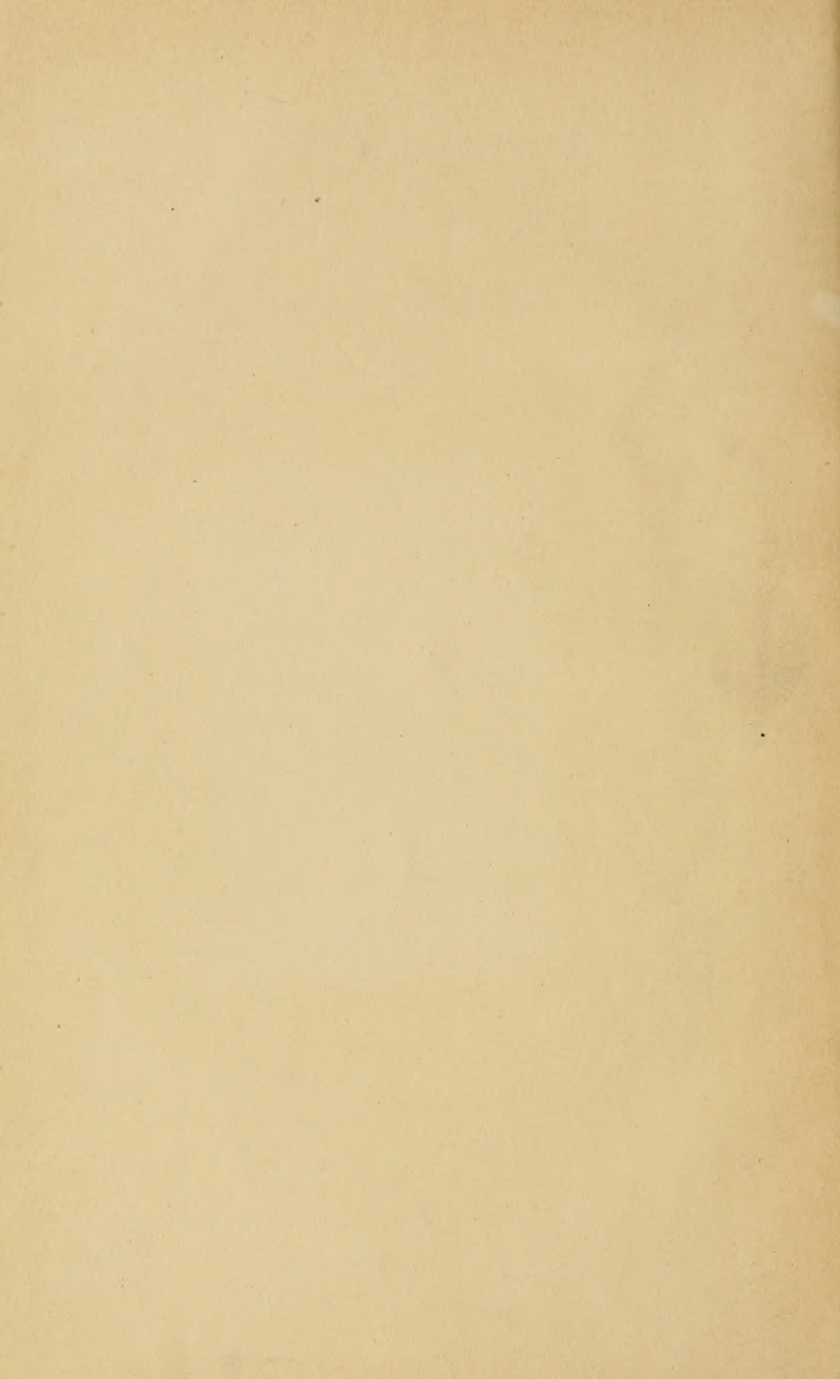














Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,

Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

Fünfundfünfzigster Jahrgang. 1910.

Mit zwei Tafeln.

Zürich,

in Kommission bei **Beer & Co.** in **Zürich**

1910.

Gründungsjahr der Gesellschaft
1746.

Inhalt.

Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich.

(XLVIII.)

Beiträge zur Kenntnis der Schweizerflora. (X.)

Herausgegeben von Hans Schinz (Zürich).

Lilium bulbiferum L. und Lilium croceum Chaix.

K. Sturm (Zürich).

Auf einer botanischen Exkursion nach dem Glärnisch am 4. Juli 1908 wurden in einer Höhe von 1600 m auf den Matten des Südabhanges eine Anzahl *Lilium croceum* Chaix gefunden. Mein verehrter Lehrer, Herr Professor Hans Schinz, gab mir die Anregung, dieselben an Hand einer von Professor Dr. E. Heinricher, Innsbruck[1]) im Jahre 1908 über diesen Gegenstand veröffentlichten Arbeit zu untersuchen. Da meine Untersuchung in einigen Punkten von Heinricher abweichende Resultate ergab, so wurde sie auch auf getrocknete Pflanzen ausgedehnt, die folgenden Herbarien entstammen:

1. Den Herbarien der Universität Zürich, und zwar:
   - a) Dem Herbarium generale,
   - b) „ „ helveticum,
   - c) „ „ turicense,
   - d) „ Typen-Herbar,
   - e) „ Garten-Herbar.
2. Dem Herbar des Eidgenössischen Polytechnikums Zürich.
3. „ „ Boissier in Chambésy,
4. „ „ der Universität Innsbruck.

Zur Nachprüfung wurden ausserdem im Sommer 1909 zahlreiche Pflanzen von *Lilium croceum* Chaix an verschiedenen Standorten im Freien untersucht, ebenso lebendes Material von *Lilium bulbiferum* L. aus dem Bezirk von Cierfs im Münstertal (Graubünden).

---

[1]) Über Androdiöcie und Andromonöcie bei *Lilium croceum* Chaix und die sytematischen Merkmale dieser Art. Flora od. Allg. Bot. Ztg. Bd. 18, Heft 3, (1908) 363.

Endlich gelangte zur Untersuchung die Gartenform von *Lilium croceum* Chaix, die man in der Schweiz sehr häufig findet und die auf dem Blumenmarkt eine gangbare Erscheinung ist.

Da Heinricher auf die Geschlechtsverhältnisse besonderen Wert legt, sind sie in der folgenden Liste besonders berücksichtigt, daneben aber auch die Höhe des Stengels, die Grösse der Blätter und Blüten, da nach anderen Autoren auch darin Unterschiede zwischen den beiden Arten bestehen sollen.

Vor den Ergebnissen der eigenen Untersuchung seien zunächst diejenigen Heinrichers angeführt:

1. Bulbillen kommen an beiden untersuchten Pflanzen vor.
2. *L. croceum* zeigt Androdiöcie und Andromonöcie, *L. bulbiferum* besitzt, wie es scheint, nur Zwitterblüten.
3. Die männlichen Pflanzen sind die schwächsten.
4. Die männlichen Blüten enthalten stets ein reduziertes Gynäceum von wechselnder Grösse.
5. Farbe und Zeichnung der Blüten sind bei beiden Arten verschieden.
6. *L. bulbiferum* hat stark glänzende, *L. croceum* mattglänzende Blätter. Bei *L. bulbiferum* besteht die Epidermis der Blattoberseite aus gleichartigen Zellen, während bei *L. croceum* streifenweise parallele Züge von kurzen, derben, stark papillösen Zellen eingeschaltet sind. Bei *L. croceum* sind die Radialwände der Epidermiszellen grade, bei *L. bulbiferum* unduliert.
7. Auf Grund dieser Merkmale kann *L. croceum* als besondere Art bezeichnet werden.
8. Mehrere Liliumarten entwickeln über der Zwiebel einen Kranz von Adventivwurzeln (*L. croceum*, *L. bulbiferum*, *L. Martagon*).

Zunächst seien diejenigen meiner eigenen Beobachtungen angeführt, die mit diesen Ergebnissen übereinstimmen. Auch an den hiesigen Pflanzen waren überall die Adventivwurzeln vorhanden, oft in 2—3 Etagen, sie scheinen überhaupt bei den Lilium-Arten nicht selten zu sein, denn in Lehrbüchern für Gärtner finden sich diesbezügliche Kulturanweisungen.[1])

Die männlichen Blüten enthielten auch hier überall ein reduziertes Gynäceum von wechselnder Grösse. Alle männlichen Pflanzen waren schwach, an allen andromonöcischen Pflanzen waren die männlichen Blüten die jüngsten, ganz gleich, ob sie sich in terminaler oder laterialer Stellung befanden. Heinricher vermutet nach dem Beispiele

[1]) Gartenbau-Lexikon von Rümpler III. Aufl. 1902, p. 459.
Vilmorins Blumengärtnerei III. Aufl. 1896, Bd. 1, p. 1092.

von Correns, der bei *Geum intermedium* ähnliche Erscheinungen beobachtete, dass diese geschlechtliche Differenzierung auf mangelnder Ernährung beruhe. Ich teile diese Ansicht auch und habe wie Heinricher Zwiebel männlicher Pflanzen in Zucht genommen, um zu sehen, ob das Geschlecht konstant bleibt bei besseren Ernährungsverhältnissen. Meine diesbezüglichen Beobachtungen im Freien haben noch zu keinem abschliessenden Urteil geführt.

Nach Heinricher besitzt die obere Blattepidermis von *L. croceum* Papillen und grade Radialwände, im Gegensatz dazu sollen bei *L. bulbiferum* die Papillen fehlen und die Radialwände unduliert sein. Bei der hiesigen Untersuchung wurde gefunden, dass beide Arten Papillen besitzen und zwar finden sie sich nicht nur auf der Ober-, sondern auch auf der Unterseite der Blätter, ferner am Stengel und an den Blütenstielen. Ihre Zahl wechselt von Pflanze zu Pflanze sehr stark, ebenso ihre Grösse, vollständig gefehlt haben sie bei keiner der untersuchten Pflanzen. Am stärksten treten sie an der Unterseite der Blätter auf, hier kann man sie oft mit unbewaffnetem Auge, sehr gut jedoch bei schwachen Vergrösserungen in auffallendem Lichte sehen. Sie sitzen auf den Leitbündeln in 1—5 Längsreihen, seltener isoliert zwischen den andern Zellen der Epidermis. Die Zahl der Leitbündel ist je nach Stärke des Blattes verschieden, es wurden solche 1. bis 3. Ordnung beobachtet. Die Menge der Papillen richtet sich nach der Stärke der Leitbündel, die meisten trifft man auf der Mittelrippe und dem Blattrand. Bei manchen Pflanzen ist ihre Zahl sehr gering, bei andern aber so gross, dass selbst schwache Leitbündel mehrere Reihen besitzen, was sonst fast nur bei der Mittelrippe vorkommt. Auch bei anderen Liliaceen sind papillöse Gebilde häufig, man kann bei ihnen alle Übergänge finden von der einzelligen runden Papille zu Flügelleisten, Keulenpapillen und mehrzelligen Haaren. Aber auch hier wechselt die Zahl und Grösse dieser epidermalen Bildungen nicht nur innerhalb der Gattung, sondern auch der Art ausserordentlich.

Die Basis der Papille ist bei *L. bulbiferum* und *croceum* mehr oder weniger ellipsoidisch, die Papille dadurch bald schmal und flügelartig, bald länglich oder rund. Auf der Oberfläche befinden sich Cuticularleisten und Höcker, ebenso auf den andern Epidermiszellen, Zahl und Grösse derselben sind variabel. Wenn sie dicht stehen, haben sie einige Ähnlichkeit mit den feinen Linien auf unseren Fingerspitzen.

Auch am Stengel treten Papillen auf, besonders am unteren Teile, er hat dann ein körniges Aussehen und fühlt sich deutlich rauh an.

An der Basis der Blätter sind die Papillen rechts und links vom Blatt zu zwei kleinen Haarbüscheln ausgezogen, auch der obere Teil des Stengels und besonders der Blütenstiel trägt statt der Papillen spinnwebartige Haare. In seltenen Fällen finden sich diese Haare auch an den Blättern, besonders am Blattrand, dann beobachtet man auch alle Übergänge von der einzelligen Papille zum mehrzelligen Haar. Die Haare tragen auch Cuticularhöcker und Leisten. Im Zusammenhang mit den Papillen wollen wir auch den Glanz der Blätter untersuchen. Nach verschiedenen Autoren soll *L. bulbiferum* glänzende, *L. croceum* matte Blätter haben. Heinricher glaubt, dass letzteres durch das Vorhandensein von Papillen bedingt sei. Ich habe die frischen Pflanzen beider Arten untersucht, aber keine glänzenden Blätter gefunden, alle waren mehr oder weniger matt. Nach meiner Ansicht können die Papillen allein diese Erscheinung nicht verursachen, weil sie dafür doch nicht zahlreich genug sind und weil auch diejenigen Blätter matt sind, welche nur sehr wenig Papillen besitzen. Zur Beantwortung dieser Frage wurden die stark glänzenden Blätter von 10 verschiedenen meist ausländischen Holzgewächsen untersucht. Bei allen wurden platte, glatte Epidermiszellen gefunden, die fast stets frei waren von Cuticularleisten. Als Gegenprobe wurden matte Blätter untersucht, hier fanden sich Bedeckungen mit Wachs oder Haaren, gewölbte oder papillöse Epidermiszellen und Cuticularleisten.

Da bei den beiden in Frage kommenden Lilium-Arten die Epidermiszellen auch gewölbt sind und Cuticularleisten tragen, so glaube ich, dass in erster Linie diese beiden Faktoren das Blatt matt erscheinen lassen. Unterstützt werden sie natürlich von den Papillen und von dem Staub, der auf allen älteren Blättern lagert. Die Schuppen der Bulbillen glänzen, es fehlen dort die Cuticularleisten.

Solereder führt auch eine ganze Anzahl Pflanzenfamilien an, welche durch Cuticularleisten matte Blätter haben.[1]) Da alle Blätter beider Arten gewölbte Epidermiszellen mit Cuticularleisten und Papillen besassen, so darf man sich nicht wundern, dass keine glänzenden Blätter gefunden wurden. Kleine Unterschiede im matten Aussehen der Blätter konnten natürlich von Pflanze zu Pflanze beobachtet werden, sie entsprechen ja der Variabilität der verursachenden Faktoren, sie geben uns jedoch nicht das Recht, von einem Glanze der Blätter zu reden.

Auch die Form der epidermalen Radialwände bildet kein Unterscheidungsmerkmal zwischen beiden Arten, wie Heinricher betont hat. Undulierte Radialwände kommen nicht nur bei *L. bulbiferum*,

---

[1]) Solereder, Syst. Anat. d. Dicot. 1899, p. 905, Fig. 117.

sondern auch bei *L. croceum* vor, ebenso fehlen keiner Art gerade Wände. Bei beiden Arten sind die Radialwände in der Nähe der Leitbündel meist gerade, je weiter weg, desto mehr sind sie unduliert. Auf der Oberseite des Blattes sind die Zellen stärker als auf der Unterseite, an der Blattspitze mehr als am Blattgrunde unduliert. Es kommen bei beiden Arten Exemplare vor, deren Epidermiszellen fast alle gerade sind. In einigen Fällen waren die Radialwände der Papillenzellen unduliert. Die Anatomie des Blattes hat auch noch gezeigt, dass bei beiden Arten schön ausgebildete Armpalisaden häufig sind mit tief hinabreichendem Mittelschenkel.

Aus der Blütendiagnose der Synopsis von Ascherson und Gräbner geht hervor, dass in Form und Farbe, aus der Beschreibung von Heinricher, dass in der Farbe der Perigonblätter Unterschiede zwischen unsern beiden Arten gemacht werden können. *L. bulbiferum* soll spatelförmige, *L. croceum* eiförmig lanzettliche Perigonblätter haben. Zahlreiche Messungen an totem und lebendem Material haben ergeben, dass dies ein Irrtum ist. Grösse und Form der Perigonblätter sind zwar etwas variabel, gleichen sich aber bei beiden Arten vollständig. Die äusseren Perigonblätter sind länger und schmäler als die inneren, sie haben lanzettliche, die anderen spatelförmige Gestalt. Bei ersteren bildet der Mittelnerv auf der Rückenseite des Blattes nur eine schwache, konvexe Erhöhung, bei letzteren ist er sehr stark entwickelt, in eine Rinne teilweise eingesenkt und im Querschnitt trägerförmig. Die Haare im Schlunde der jungen Blüte zeigen bei beiden Arten Plasmaströmungen in einer Geschwindigkeit von etwa 10 μ per Sekunde, also viel langsamer als z. B. bei *Tradescantia virginica*.

Auch in der Farbe sind beide Arten gleich, so dass ein Unterschied nicht gemacht werden kann. Meist ist das untere Drittel der Perigonblätter rosa mit einem Stich ins Violette, ebenso sind die Staubfäden gefärbt. Rand und oberes Drittel sind leuchtend rot, die Mitte orange oder gelb. Kurze, braunviolette Punkte oder Striche bis 1 mm Länge laufen in der Längsrichtung des Perigonblattes. Letzteres ist aussen blass orange oder gelb und mit spinnwebartigen luftführenden Haaren besetzt. Die orange oder gelbe Grundfarbe der Perigonblüte wird hervorgerufen durch spindelförmige Chromoplasten, die roten Tönungen und braunvioletten Punkte durch Farbstoffe, welche im Zellsaft gelöst sind. Auch die roten Punkte am unteren Stengel beider Pflanzen sind bedingt durch gelöste Farbstoffe.

Nach den hiesigen Untersuchungen habe ich die Überzeugung gewonnen, dass *L. bulbiferum* L. sich nur durch den Besitz von Bulbillen von *L. croceum* Chaix unterscheidet und nach diesem

Merkmal in der Liste beide Arten von einander getrennt. Dabei hat es sich gezeigt, dass auch in den Geschlechtsverhältnissen bei beiden gleiche Variabilität herrscht, dass also Androdiöcie und Andromonöcie keineswegs auf *L. croceum* Chaix allein beschränkt ist.

Statistische Übersicht der untersuchten Pflanzen.

1. Lilium croceum Chaix.

Von 130 Pflanzen waren:
2 Erstarkungstriebe,
60 männliche Pflanzen,
56 Zwitterpflanzen,
18 andromonöcische Pflanzen.

Wie die Zahlenverhältnisse sich in der Natur gestalten, kann nur durch Untersuchung möglichst zahlreicher Pflanzen an verschiedenen Standorten entschieden werden. Da ich die Variabilität in den Geschlechtsverhältnissen von der Ernährung abhängig mache, so müssten die männlichen Pflanzen auf schlechtem Boden dominieren. Ich gedenke, darüber noch später zu berichten.

Grösse der Pflanzen:

	Zahl	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	60	20	41	75 cm
Zwitterpflanzen	56	32	55	83 cm
Andromonöcische Pflanzen	18	40	60	88 cm

Es wurden hierbei die Zwiebeln nicht mitgemessen, weil sie nicht überall vorhanden waren, der Wert dafür, etwa 2—4 cm wäre also noch einzusetzen.

Länge der Blätter:

	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	2.5	5.7	9.5 cm
Zwitterpflanzen	3.5	6.04	10.5 cm
Andromonöcische Pflanzen .	5	7.04	12 cm

Breite der Blätter:

	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	0 3	0.6	1.3 cm
Zwitterpflanzen	0.3	0.7	1.2 cm
Andromonöcische Pflanzen	0.4	0.6	1.3 cm

Nach dieser Tabelle sind die Blätter durchschnittlich 6.05 cm lang und 0.6 cm breit. Es wurden an allen Pflanzen nur die längsten Blätter gemessen und in die Liste aufgenommen. Diese befinden sich meist in der Mitte des Stengels, nach oben und unten zu werden gewöhnlich die Blätter kürzer, nur direkt unter der Blüte befindet sich in der Regel noch ein Schopf längerer Blätter. Vergleicht man in der Tabelle die Mittelwerte, so findet man in der Reihenfolge der Pflanzen auch ihre Stärkeverhältnisse ausgedrückt. Es muss jedoch hinzugefügt werden, dass sich die Stärke einer Pflanze nicht immer in der Länge zeigt, die Dicke des Stengels gibt uns oft einen besseren Masstab. Da die Blätter bald dicht, bald locker stehen, so kann man nach dieser Tabelle ermessen, wie sehr der Habitus unserer Pflanze wechselt.

Grösse der Blüten:

	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	4.3	5.8	7.8 cm
Zwitterpflanzen	4.8	6.3	8 cm

Die Grösse der Blüten ergibt dasselbe Stärkeverhältnis wie die vegetativen Organe, doch sind hier die Unterschiede nicht so gross.

Zahl der Blüten auf einer Pflanze:

Von 60 männlichen Pflanzen hatten 58 nur 1 Blüte
2 „ 2 „

Im Herbar Boissier wurde eine Pflanze gefunden mit drei Blüten.

Von 56 Zwitterpflanzen hatten 48 nur 1 Blüte
4 „ 2 „
2 „ 3 „
1 „ 4 „
1 „ 10 „

Im letzteren Falle handelt es sich um eine Kulturform. Untersuchungen in anderen Herbarien haben ergeben, dass die Pflanze in der Kultur ganz bedeutend die Zahl der Blüten vermehrt.

Von 18 andromonöcischen Pflanzen hatten 6 2 Blüten
7 3 „
2 4 „
2 5 „
1 7 „

Hierbei war überall nur eine männliche Blüte vorhanden und zwar war sie die jüngste.

2. Lilium bulbiferum L.

Es sei gleich voraus bemerkt, dass diese Übersicht von geringerem Werte als die erste ist, weil zu wenig Pflanzen vorhanden waren.

Grösse der Pflanzen:

	Zahl	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	8	28	44.6	57 cm
Zwitterpflanzen	15	30	58	97 cm
Andromonöcische Pflanzen .	4	65	83	102 cm

Länge der Blätter:

	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	3.7	4.7	6 cm
Zwitterpflanzen	3.5	4.9	8 cm
Andromonöcische Pflanzen .	4	6.3	8.2 cm

Breite der Blätter:

	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	0.4	0.6	0.9 cm
Zwitterpflanzen	0.3	0.6	1 cm
Andromonöcische Pflanzen .	0.3	0.6	1 cm

In einem Falle hatte eine andromonöcische Pflanze am Schopf Blätter von 4.5 cm Länge und 2 cm Breite.

Grösse der Blüten:

	Minimum	Mittel	Maximum
Männliche Pflanzen	4.5	5.1	5.7 cm
Zwitterpflanzen	5.3	6.3	7 cm

Zahl der Blüten auf einer Pflanze:

13 männliche Pflanzen hatten nur je 1 Blüte, eine hatte 2 Blüten.

Von 23 Zwitterpflanzen hatten 14 nur 1 Blüte
5 „ 2 „
3 „ 3 „
1 „ 4 „

Von 8 andromonöcischen Pflanzen hatten 5 nur 2 Blüten
3 „ 3 „

Auch hier waren die männlichen die jüngsten und in der Einzahl vorhanden.

Die Bulbillen befinden sich meist nur am oberen Teil des Stengels, an stärkeren Pflanzen, besonders an Kulturformen sitzen sie aber auch am ganzen Stengel, sogar in der Achsel der Bracteolen. Man findet sie entweder einzeln oder zu 2—4 in der Achsel ihrer Tragblätter. Ihre Stärke wechselt sehr, die grössten waren so dick und etwa doppelt so lang als eine Erbse, die dünnsten noch nicht halb so dick. Zuweilen besitzen die Bulbillen einen Stiel bis 1 cm Länge. Stellt man einen abgeschnittenen Stengel mit kleinen Bulbillen ins Wasser, so stirbt der Stengel allmählich ab, die Bulbillen aber wachsen auf seine Kosten zu ihrer natürlichen Grösse heran. Wie sich bei *L. bulbiferum* und *L. croceum* oben meist ein Schopf von Blättern befindet, so häufen sich demgemäss bei *L. bulbiferum* oben oft die Bulbillen, die Höchstzahl an dieser Stelle war 22. In einigen Fällen fand sich in der Achsel eines Blattes neben einer Blüte auch noch eine Bulbille. Die Bulbillen können sogar, wie Hesselmann gezeigt hat, floralen Charakter annehmen.[1] Vergleicht man die Tabelle von *L. croceum* mit derjenigen von *L. bulbiferum*, so findet man dieselben Erscheinungen:

1. Grosse Variabilität in der Grösse der Organe innerhalb der Art und daher wechselnder Habitus.
2. Grosse Ähnlichkeit beider Arten in den Mittelwerten.
3. Übereinstimmung beider Arten in der geschlechtlichen Differenzierung.
4. Übereinstimmung beider Arten im anatomischen Aufbau.

Die Gartenform von *L. croceum* zeigt in der Anatomie und den Geschlechtsverhältnissen dieselben Erscheinungen wie die Stammform.

Verbreitung der beiden Arten in der Schweiz.

Gesamtverbreitung nach Ascherson und Graebner[2]) für

1. *L. croceum:* Italien, Korsika. Nordwestdeutschland verwildert. In den Alpen ist sie meist häufiger oder allein vertreten.
2. *L. bulbiferum:* Alpen; Italien; Korsika; Jura; Südl. Schwarzwald; Bayrischer Wald; Südböhmen; Erzgebirge; Thüringer Wald; Sondershausen, Oberharz (Andreasberg); Westfalen (Brilon); Glatzer Schneeberg und Gesenke; Nördl. Karpathen; Siebenbürgen. Nordwestdeutschland und Holland verwildert.

[1]) Hesselmann: Über d. Ausb. v. Bulb. als fl. Blätter b. *L. bulbiferum*. Act. Hort. Berg. III Afd. I a 1903, p. 1—19 Ref. i. Just. 1903 I, p. 392.

[2]) Synopsis d. Mitteleurop. Fl. III, p. 172.

Die Richtigkeit dieser Angaben darf bezweifelt werden, weil es zur Zeit noch nicht möglich ist, die Gesamtareale beider Arten genau abzugrenzen. In den älteren Floren sind beide Arten noch nicht getrennt, in den Herbarien findet man sie häufig verwechselt, deshalb sind sogar die Angaben vieler neueren Floren mit Vorsicht aufzunehmen. Das hat mich veranlasst, der Verbreitung beider Arten vorläufig für die Schweiz etwas nachzugehen.

I. Lilium croceum Chaix.

1. Jura. Lägern bei Baden, nicht häufig.
   Umgebung von Neuenburg, nicht häufig.
   (Frankreich: Südliche Fortsetzung des Jura: Golet du Pais, verbreitet; Mont Vuache, verbreitet; Dauphiné, verbreitet.)
2. Molassehochebene zwischen Genfer- und Bodensee: Die Pflanze fehlt in diesem Gebiet.
3. Nordalpen: Hier bevorzugt die Pflanze die Föhngebiete. Sie findet sich im Rheintal vom Bodensee bis zum Oberalppass, in den dazu gehörigen Nebentälern; vereinzelt am Säntis; häufiger in der Umgebung des Walensees; im Linthtal bis auf den Urner Boden und im Klöntal.
   Urkantone: Oberes Sihltal; Reusstal und Nebentäler; Umgebung vom Vierwaldstätter See; Sarner Tal bis Lungern und Melchsee. Aus dem Berner Oberland ist nur ein Fund aus dem oberen Aaretal bekannt.
4. Südalpen. Wallis: Umgebung von Sitten, Münster, Südabhang des Simplon.
   Tessin: Verbreitet in allen Tälern.
   Engadin: Ober- und Unterengadin verbreitet, Münstertal, Puschlav und Bergell verbreitet.
   (Im Osten des südalpinen Florengebietes verbreitet sich die Pflanze nach Tirol, im Süden nach Italien, im Westen von der Arve an bis zu den Meeralpen.)

Aus der Verteilung dieser Gebiete geht hervor, dass *L. croceum* eine wärmeliebende Pflanze ist; in bezug auf die Unterlage ist sie da, wo ihr genug Wärme zur Verfügung steht, nicht wählerisch und findet sich auf Sedimenten und Eruptivgesteinen. In kühleren Gebieten liebt sie die warme Kalkunterlage. Die Standorte reichen von der Talsohle bis zur Baumgrenze, sonnige Abhänge sind bevorzugt. Da an leicht erreichbaren Stellen der auffallenden Blüte zu viel nachgestellt wird, so findet man die schönsten Standorte an unzugänglichen Felsen. Hier zwängt die Pflanze ihre Zwiebel und Rhizome oft 15—20 cm tief in die engen, humusreichen Spalten, so dass sie

schwer herauszugraben sind. In wenig bewohnten Gebieten, z. B. nordwestlich von Locarno, findet sich die Pflanze auf den Wiesen. Die Gartenform von *L. croceum* ist in der Schweiz sehr verbreitet, sie ist stärker entwickelt und viel reicher an Blüten.

2. Lilium bulbiferum L.

Zur genauen Feststellung der Verbreitung dieser Art wurden ausser den vorn genannten noch folgende Herbarien revidiert:

1. Herbarium der Universität Basel durch Herrn Prof. A. Fischer.
2. „ „ „ Fribourg durch Herrn Prof. Musy.
3. „ „ Akademie und des Stadtmuseums Neuchâtel durch Herrn Prof. Spinner.
4. Herbarium der Stadt Solothurn durch Herrn Dr. Probst.
5. „ „ Universität Bern durch die Herren Prof. E. Fischer und Assistent Morgenthaler.
6. Herbarium De Candolle durch Herrn C. de Candolle.
7. „ Burnat Nant bei Vevey durch die Herren Dr. E. Burnat und Dr. J. Briquet.
8. Herbarium der Universität Lausanne durch Herrn Dr. Maillefer.

Allen genannten Herren sage ich an dieser Stelle für ihre Unterstützung meinen herzlichsten Dank! Da ausserdem die Bearbeitung der Brüggerschen Materialien zur Bündnerflora inzwischen erschienen ist, so konnte auch noch diese benützt werden.

In den Schweizer Herbarien finden sich nur wenige Exemplare von *L. bulbiferum*. Sie stammen aus dem Münstertal (Seitental der Etsch), wo sie bei Valcava, Lü, Santa Maria, Fuldera und Cierfs gefunden wurden, sowie aus dem Unter-Engadin, wo *L. bulbiferum* auf der Alp Remüs, bei Tarasp, Fontana und in Samnaun vorkommt. Beide Gebiete haben Anschluss an das grosse Tiroler Verbreitungsgebiet von *L. bulbiferum*.

Im Herbarium De Candolle befindet sich ein Exemplar von *L. bulbiferum*, welches die wenig genaue Ortsbezeichnung „Umgebung von Chur 1837 (Moritzi)“ trägt. Brügger gibt zwar für Graubünden eine ganze Anzahl Standorte an, allein weder in seinem eigenen Herbar noch in anderen Sammlungen finden sich Belegstücke dazu. Seiler, der Bearbeiter des Brüggerschen Materials, ist der Ansicht, dass diese Standorte wahrscheinlich auf Verwechslung beruhen und *L. croceum* zukommen. Auch andere Graubündener Floristen, z. B. Herr Jos. Braun, Chur haben sich in gleichem Sinne geäussert. Dass Brügger sich betreffs der Standorte im Puschlav, Misox und Calanca geirrt hat, beweisen die neuen Floren dieser Gebiete von Brockmann und von Steiger.

Die von Brügger angeführten Standorte Valcava (Conradi), Fuldera (Muret) müssten noch nachgeprüft werden.

Ebenso zweifelhaft ist das Vorkommen von *L. bulbiferum* im Wallis. Nach Jaccard fehlt dort die Pflanze, allein Murith hat nördlich von Sion bei „Chemin Neuf", wo auch *L. croceum* vorkommt, Pflanzen mit Bulbillen gefunden, zwei seiner Belegstücke befinden sich im Herbar Boissier. Es ist mir nicht bekannt, ob heute noch dort Pflanzen vorkommen, welche Bulbillen tragen.

Über das Vorkommen von *L. bulbiferum* in den übrigen Teilen der Schweiz fehlen Angaben.

Das genetische Verhältnis der beiden Arten.

Seit Linné, der nur *L. bulbiferum* kannte, wird diese Pflanze in der Literatur als Hauptart geführt, später wurde *L. croceum* als ssp. hinzugefügt. Nach meiner Ansicht ist das genetische Verhältnis umgekehrt. Aus den achselständigen Knospen der Laubblätter entstanden Bulbillen. Diese Neuerwerbung konnte vorübergehender Natur sein oder auch durch Vererbung fixiert werden. In letzterem Falle entstand eine neue Art. Für diese Annahme sprechen folgende Erwägungen:

1. In anatomischer und biologischer Beziehung zeigen beide Pflanzen vollkommene Übereinstimmung:
2. Heinricher fand auf dem Monte Baldo (p. 372) bulbillenlose Pflanzen, die in der Kultur Bulbillen bekamen.
3. Mitten in Standorten von *L. croceum* (Chur und Wallis), die weit entfernt sind von den nächsten Standorten von *L. bulbiferum* (Tirol), treten plötzlich Pflanzen mit Bulbillen auf.

Sollte sich diese Annahme bestätigen, dann können wir *L. bulbiferum* L. nur dort als gute Art gelten lassen, wo der Besitz von Bulbillen erblich fixiert ist. Im östlichen Teil der Alpen, wo *L. bulbiferum* L. häufig vorkommt, ist diese Pflanze zweifellos eine selbständige Art.

Zusammenfassung.

L. bulbiferum L. unterscheidet sich von *L. croceum* Chaix nur durch den Besitz erblich fixierter Bulbillen in den Achseln der Laubblätter.

Zum Schlusse sei noch bemerkt, dass unabhängig von mir Herr Dr. Hegi, München bezüglich der Blattanatomie zu gleichen Resultaten wie ich gelangt ist.

Den Herren Prof. Dr. Hans Schinz, Zürich,
Prof. Dr. C. Schröter, Zürich,
W. Barbey und G. Beauverd, Chambésy
Prof. Dr. Heinricher, Innsbruck

sei an dieser Stelle für die Überlassung des Herbar-Materials herzlichst gedankt. Dank schulde ich auch Herrn Jos. Braun, Chur für wichtige floristische Mitteilungen über das Gebiet Graubünden.

Literatur-Angabe:

1828. Gaudin: Flora Helv. II. p. 497.
1839. Moritzi: Die Pflanzen Graubündens, p. 130.
1839. Kölliker: Verzeichnis d. Phan. Gew. d. Kt. Zurich, p. 21.
1845. Babey: Flore du Jura IV. p. 479.
1850. Froelich: Bot. Spaz. im Kt. Appenzell, p. 123.
1852. Godet: Flore du Jura, p. 718.
1860. Steiger, R.: Die Flora d. Kt. Luzern, p. 202.
1865. Grenier: Flore d. l. Chaîne Jurass., p. 776.
1870. Rhiner: Prodrom d. Waldstätten Gef. pfl., p. 134.
1872. Fauconnet: Exc. Bot. dans le Bas Valais, p. 75.
1872. Ritz & Wolf: Guide d. Bot. en Valais, p. 204.
1876. Favre: Guide d. Bot. s. Simplon, p. 194.
1880. Mühlberg: Flora d. Aargaus, p. 170.
1881. Wartmann & Schlatter: Krit. Übers. über d. Gef. pfl. v. St. Gallen und Appenzell, p. 420.
1882. Durand & Pittier: Cat. d. l. Flore Vaudoise, p. 529.
1882. Bouvier: Flore d. Alpes, p. 657.
1886. Lüscher: Flora von Zofingen, p. 66.
1887. Meister: Flora von Schaffhausen, p. 167.
1888. Gander: Flora Einsidlensis, p. 109.
1888. Franzoni: Le Piante Faner. d. Svizzera insubrica, p. 217.
1891. Cottet & Castella: Guide d. Bot. dans le Ct. de Fribourg, p. 312.
1893. Wirz: Flora d. Kt. Glarus, p. 144.
1894. Briquet: Le Mont Vuache, p. 136.
1895. Parmentier: Flore Nouv. d. l. Ch. Jurass. et d. l. Haute-Saône, p. 225.
1895. Jaccard: Cat. d. l. Flore Valaisanne, p. 347.
1896. Gremli: Exk. Flora, 8. Aufl., p. 396.
1897. Rhiner: Tabell. Flora d. Schw. Kantone, p. 49.
1900. Briquet: L. Col. Vég. Xeroth. d. Alp. Lemaniennes, p. 184.
1901. Baumgartner: Das Curfirstengebiet, p. 166.
1902. Hegi: Das Obere Tösstal.
1903. Fischer: Flora von Bern, 7. Aufl., p. 66.
1905. Binz: Flora v. Basel u. Umgeb., 2. Aufl., p. 64.
1906. Steiger: Beitr. z. Kenntn. d. Flora d. Adulageb., p. 230.
1906. Brunies: Flora d. Ofeng., p. 67.
1907. Brockmann-Jerosch: Die Flora d. Puschlav, p. 102.
1908. Geilinger: Die Grignagruppe a. Comer S., p. 60.
1908. Jäggli: Monogr. Fl. del Mte. Camoghè, p. 154.
1909. Seiler: Bearb. d. Brügg. Mat. z. Bündnerfloroa, p. 136.
1909. Schinz & Keller: Flora d. Schweiz, 3. Aufl., p. 118.

Botanisches Museum der Universität Zürich. Okt. 1909.

Eine deutsche Abhandlung Leonhard Eulers über Witwenkassen.

Von

L. GUSTAV DU PASQUIER.

Das grossartige Unternehmen einer Gesamtausgabe der Werke Leonhard Eulers, das nun von der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft durchgeführt werden wird, hat eine ganze Welt von Mitarbeitern in Bewegung gesetzt. Ein Teil der bedeutenden Tätigkeit, die bei diesem Anlass entfaltet wird, bezieht sich auf eine genaue Prüfung der Liste der Abhandlungen, welche von diesem grössten unter den schweizerischen Mathematikern herrühren. Bei einer nähern Untersuchung dessen, was Leonhard Euler auf dem Gebiete des Versicherungswesens geleistet hat [1]), fand ich eine kleine Abhandlung in deutscher Sprache:

„Des Herrn Leonhard Eulers nöthige Berechnung zur Einrichtung einer Witwencaße“,

erschienen in „Neues Hamburgisches Magazin, oder Fortsetzung gesammleter Schriften, aus der Naturforschung, der allgemeinen Stadt- und Land-Oekonomie, und den angenehmen Wissenschaften überhaupt. Drey und vierzigstes Stueck.“ Leipzig, bey Adam Heinrich Hollens Witwe, 1770. (Dieses „43. Stück“ von „Hamburgisches Magazin“ ist zugleich Band VIII von „Neues Hamburgisches Magazin“.)

Diese Abhandlung wurde bis jetzt *A. G. Kästner* zugeschrieben. In den nachfolgenden Zeilen soll nun der Nachweis erbracht werden, dass sie *Leonhard Euler selber* zum Autor hat und daher in die gesammelten Werke des grossen Meisters mit aufgenommen werden muss.

In der „Bibliotheca mathematica“ Jahrgang 1898, Neue Folge 12, Seite 41—49, hat Herr Dr. G. Valentin einen wertvollen „Beitrag

---

[1]) Vergl. meine zwei Abhandlungen: *„Leonhard Eulers Verdienste um das Versicherungswesen“*, erschienen in der „Vierteljahrsschrift d. naturf. Ges. in Zürich“, Jahrg. 54, 1909, Seite 217—243; und *„Les travaux de Léonard Euler concernant l'assurance“*, veröffentlicht in der „Zeitschrift für schweiz. Statistik“, 45. Jahrgang, 1909, und in den „Mitteilungen der Vereinigung schweizerischer Versicherungsmathematiker“, Heft 5.

zur Bibliographie der Eulerschen Schriften" veröffentlicht, in welchem auf Seite 46 folgende Bemerkung steht, die hier wörtlich zitiert sei:

„783. Solutio quaestionis .... quantum duo coniuges per-„solvere debeant, ut suis haeredibus post utriusque mortem certa „argenti summa persolvatur.

L. Euler's Nöthige Berechnung zur Einrichtung einer Witwen-kasse. Neues Hamburger Magazin 43, 1770, 3—12. Ist eine freie Übersetzung mit Zusätzen von A. G. Kästner des Eulerschen in den Opuscula postuma[1]) 1785, II, 315 veröffentlichten Aufsatzes. Woher stammt Kästner's Kenntnis dieser Eulerschen Abhandlung? War sie doch etwa schon veröffentlicht? und wo?"

Aus diesen Fragen ist vielleicht zu entnehmen, dass Herr Dr. Valentin damals schon selbst einen kleinen Zweifel an seiner Auffassung gehegt, sie aber schliesslich doch für richtig gehalten hat, weil sich vorher in der ganzen Euler-Literatur dieser Aufsatz nicht angezeigt fand. Durch genauen Vergleich des Inhaltes dieses deutschen Aufsatzes mit dem angeblichen Original, der lateinischen Abhandlung „Solutio quaestionis . . .", überzeugte ich mich, dass da von einer Übersetzung, auch von einer „freien Übersetzung mit Zusätzen", nicht mehr geredet werden kann, selbst wenn die Grenzen der Freiheit für den Übersetzer sehr, sehr weit gezogen werden. Es wird nämlich nicht einmal dieselbe Aufgabe in diesen zwei Arbeiten behandelt: Im deutschen Aufsatz erörtert der Verfasser die Berechnung einer Witwenpension, in der lateinischen Abhandlung den Barwert einer Kapitalversicherung auf den Todesfall bei zwei verbundenen Leben, zahlbar beim letzten Tode; inhaltlich haben diese zwei Arbeiten nur so viel gemeinsam, dass es sich in beiden um Lebensversicherung handelt, sonst nichts.

Mit dem Aufsatz über Witwenkassen hat es folgende Bewandtnis: Im Jahre 1768 erhielt Leonhard Euler ein Büchlein zugesandt, welches sehr wahrscheinlich Johann Augustin Kritter, damals Senator und Kämmerer zu Göttingen, im Vandenhökschen Verlag hatte erscheinen lassen und das den Titel trägt: „Oeconomisch-Politische Auflösung der wichtigsten Fragen, welche jetzo wegen der Einrichtung dauerhafter Witwen-Cassen aufgeworfen werden, nach den Süssmilchischen Grundsätzen angestellet in einem Briefwechsel zweyer Patrioten nebst einer Beurtheilung des neuen Bremischen Instituti einer Trauerpfennig-Beysteuer. Göttingen, verlegts Abram Vandenhoeks sel. Witwe, Universit. Buchh. 1768."

Diese Schrift veranlasste Leonhard Euler, dasselbe Thema zu bearbeiten und einen Aufsatz darüber in deutscher Sprache abzu-

[1]) Sollte heissen Opuscula analytica. L. G. D.

fassen, worin er die im soeben zitierten Büchlein ausgesprochenen Grundgedanken auf seine Art in algebraische Form einkleidete und kurz, klar und bündig auseinandersetzte. *Durch Vermittlung* von A. G. Kästner wurde diese deutsche Abhandlung Leonhard Eulers in „Neues Hamburger Magazin“ eingerückt, dessen achten Band sie eröffnet.

Dies ist das Resultat, zu welchem mich eine eingehende Nachprüfung dieser Frage führte. Als Beweis dafür, dass es sich mit dieser „nöthigen Berechnung zur Einrichtung einer Witwenkasse“ tatsächlich so verhält, lassen sich einerseits verschiedene Umstände, andererseits auch mehrere Dokumente anführen. Diese Beweismittel seien hier kurz zusammengestellt.

Zunächst könnte es befremdend erscheinen, dass dieser deutsche Aufsatz Eulers von 1770 sprachlich und inhaltlich so isoliert dasteht. Zur Abfassung wissenschaftlicher Arbeiten hat sich nämlich Euler nicht oft, in seinen spätern Lebensjahren überhaupt nicht mehr, der deutschen Sprache bedient. Und über Lebensversicherung speziell hat er sonst nur 1760 und 1776 Arbeiten geliefert[1]).

Dass nun die oben zitierte Schrift von J. A. Kritter der direkte Anlass war, seine Aufmerksamkeit damals, d. h. 1768, jenem Thema zuzuwenden, geht aus drei Belegstellen hervor.

Erstens aus den Worten A. G. Kästners selbst. Ich zitiere hier die betreffende Stelle vollständig, weil ich später darauf zurückkommen werde. Im Band VIII von „Neues Hamb. Mag.“, Seite 13, unmittelbar nach der Eulerschen Abhandlung, schreibt A. G. Kästner folgenden Passus, den er „Erinnerung“ betitelt:

Erinnerung.

Herr Euler ist zu diesem Aufsatze durch die Bemühungen einer Anlegung von Witwencassen veranlasst worden, die itzo in unterschiedenen Ländern unternommen werden. Besonders hat ihm hierzu eine Schrift Gelegenheit gegeben, die zu Göttingen 1768 im Vandenhoekischen Verlage, unter der Aufschrift erschienen ist: „Oeconomisch-politische Auflösung der wichtigsten Fragen, welche itzo wegen der Einrichtung dauerhafter Witwencassen aufgeworfen werden.“ Herr Euler hat diese Schrift für gründlich abgefasst erkannt. Sie ist von dem Rathsherrn zu Göttingen, Herrn Kritter, der über diese Sache vieles, und mit verdientem Beyfalle, gearbeitet hat. Herrn Kritters

---

[1]) Namentlich im Jahre 1776 sein 72 Quartseiten umfassendes Hauptwerk über Versicherungswesen: „Eclaircissemens sur les établissemens publics en faveur tant des veuves que des morts, avec la description d'une nouvelle espèce de tontine aussi favorable au public qu'utile à l'Etat, calculés sous la direction de Monsieur Léonard Euler par Mr. Nicolas Fuss. St. Pétersbourg.“

vorlängst verfasste Berechnungen stimmen mit demjenigen überein, was sich nach Herr Eulers Formeln berechnen lässt, wenn man die Erfahrungen von der Sterblichkeit, die Süssmilch gesammlet hat, zum Grunde legt. A. G. Kästner.

Zweitens bezeugt J. A. Kritter selbst, dass seine Arbeit dem grossen Mathematiker in Petersburg zugesandt wurde. Kritter hat nämlich das oben zitierte Hauptwerk Leonhard Eulers über Versicherungswesen unter folgendem Titel ins Deutsche übertragen: „Erläuterungen über die öffentlichen Anstalten zum Besten sowohl der Witwen als Sterbefälle nebst der Beschreibung einer neuen Art von Tontine die für das Publikum eben so bequem als vor (!) den Staat nützlich ist. Berechnet unter der Aufsicht des Herrn Leonard Euler durch Herrn Nicolas Fuss Adjunktus der Kaiserl. Akademie der Wissenschafften (!) zu Petersburg. Aus dem Französischen übersetzt und mit einer Einleitung versehen von Johann Augustin Kritter, Senat. und Camerar. in Göttingen. Altenburg, in der Richterischen Buchhandlung. 1782."

Kritter hat diese Übersetzung nicht nur mit einer langen Einleitung, sondern auch mit einem Vorwort versehen, aus dem ich die in Frage kommende Stelle ebenfalls hier wörtlich wiedergebe, weil ich sie sonst noch als Beleg für meine Auffassung verwende:

„J. A. Kritters Einleitung zur Aufklärung der Berechnungen für diejenigen, die sich in der Buchstabenrechnung nicht geübt haben.

Als ich im Jahr 1768. anfing von Witwencassen zu schreiben, übersandte ein Freund einen kurzen Aufsatz von mir, an den Herrn Professor Leonard Euler in Petersburg, worin meine Theorie und Rechnungsmethode kürzlich dargelegt wurde. Dieser berühmte Mann hatte die Gütigkeit, nicht nur meiner Theorie seinen Beyfall zu geben, sondern auch die ganze Berechnung algebraisch vorzustellen. Der Aufsatz davon wurde an den Herrn Hofrath Kästner geschickt, der ihn in dem Hamburgischen neuen Magazin 1770. 8ten Bande Seite 1 bis 13. abdrucken liess, und eben diese Berechnung ist in dem nachstehenden Werke wiederhohlet, und auf alle verschiedene Alter der Eheleute angewandt . . . . ."

Drittens aus den Protokollen der Petersburger Akademie der Wissenschaften. Der Freundlichkeit von Herrn G. Eneström verdanke ich folgenden Auszug aus dem Protokoll für den 3. April 1769:

„Der Herr L. Euler übergab der Versammlung einen Aufsatz unter dem Titel: Nöthige Berechnung zur Einrichtung einer Wittwen-Casse, zu welchem ihm die Anno 1768 in Göttingen herausgekommene „Auflösung der wichtigsten Fragen, die Einrichtung dauerhafter Wittwenkassen betreffend", Anlass gegeben. Dieser Aufsatz

wurde dem Academischen Archiv beygelegt und für gut befunden, eine Abschrift von demselben nach Göttingen zu senden."

Durch die vorigen Zitate ist es verständlich gemacht, warum sich Euler gerade zu jener Zeit mit dem Thema der Witwenkassen beschäftigt hat. Es entsteht die Frage: Warum hat Leonhard Euler diesen Aufsatz in *deutscher* Sprache abgefasst?

Die Antwort: „weil Deutsch seine Muttersprache war", ist nicht befriedigend; auch die Bemerkung, dass die Schrift von Kritter, der direkte Anlass zu jenem Aufsatz, in deutscher Sprache verfasst ist, wäre ungenügend. Folgender Umstand dürfte eine hinreichende Erklärung liefern:

Bekanntlich hat Euler seine „Vollständige Anleitung zur Algebra", eines der einflussreichsten Bücher über Algebra im 18. Jahrhundert, gerade zu jener Zeit schreiben lassen. Bemerkenswert ist die Entstehungsweise des Werkes, wie sie im Vorbericht zur deutschen Ausgabe, Petersburg 1770, mitgeteilt wird:

„Zu diesem Ende erwählte sich Euler einen jungen Menschen, den er mit sich aus Berlin zur Aufwartung genommen hatte, und der ziemlich fertig rechnen, sonsten aber nicht den geringsten Begriff von der Mathematik hatte: er war seines Handwercks ein Schneider, und gehörte was seine Fähigkeit anlangt, unter die mittelmässigen Köpfe. Dem ohngeachtet hat er nicht nur alles wohl begriffen, was ihm sein grosser Lehrer vorsagte, und zu schreiben befahl, sondern er wurde dadurch in kurtzer Zeit in den Stand gesetzt die in der Folge vorkommende schwere Buchstaben-Rechnungen gantz allein auszuführen und alle ihm vorgelegte Algebraische Aufgaben mit vieler Fertigkeit aufzulösen . . . ."

Leonhard Euler hatte also zu der Zeit, da die Krittersche Schrift über Witwenkassen bei ihm eintraf, einen Gehilfen, dem er die ganze „vollständige Anleitung zur Algebra" auf deutsch diktiert hatte, der infolgedessen von Mathematik etwas verstand. Es ist sehr natürlich, dass Euler es auch in diesem Fall so machte: die Ideen, welche die Krittersche Schrift bei ihm wachrief, wollte er sofort zu Papier bringen und diktierte sie flugs seinem deutschen Diener, der schon die ganze „Algebra" für ihn geschrieben hatte.

Berücksichtigt man dies alles, so erscheint es jedenfalls nicht mehr auffallend, dass der Aufsatz Eulers in deutscher Sprache verfasst ist, und dass er gerade zu jener Zeit entstand; diese Tatsachen ergeben sich vielmehr als natürliche Folge der Umstände.

Dies alles setzt aber voraus, dass der betreffende Aufsatz wirklich von Leonhard Euler und nicht von einem andern herrührt. Drei Belegstellen ergeben nun dafür einen unzweideutigen Beweis.

Die erste ist die „Erinnerung", die A. G. Kästner im „Neuen Hamburger Magazin" dem Eulerschen Aufsatze folgen lässt, und die oben wörtlich zitiert wurde. Jene Erinnerung beginnt ja mit den Worten: „Herr Euler ist zu *diesem* Aufsatz . . . . . . veranlasst worden . . . ." Das Wörtchen „diesem" bezieht sich eben auf die unmittelbar vorangehende „Nöthige Berechnung zur Einrichtung einer Witwenkasse". Hier schreibt also Kästner selbst, dass Euler zu *diesem* Aufsatz veranlasst wurde, dass demnach dieser Aufsatz eine Frucht von Eulers Geistesarbeit ist. Die Interpretation scheint mir gegeben und unzweideutig, weil in der ganzen „Erinnerung" mit keiner Silbe erwähnt ist, dass es sich um eine Übersetzung handelt. Als Kästner diese „Erinnerung", ein Geleitwort zum vorangehenden Aufsatze, schrieb, wusste er ganz bestimmt, dass derselbe direkt von Leonhard Euler herrührte, sonst hätte er sich anders ausgedrückt und in der „Erinnerung" zweifelsohne mitgeteilt, dass es sich da nur um eine Übersetzung handelte. Es scheint mir eine sehr gezwungene Interpretation zu sein, in die Worte: „Herr Euler ist zu diesem Aufsatz . . . . . . veranlasst worden" den Sinn hineinzulegen, dieser Aufsatz sei eine Übersetzung.

Wieso hat Kästner von diesem deutschen Aufsatze Leonhard Eulers *vor* dessen Drucklegung Kenntnis erhalten? Was hat überhaupt A. G. Kästner damit zu tun, wenn der Aufsatz nicht von ihm herrührt? So wird man mit Herrn Dr. G. Valentin fragen.

A. G. Kästner hat mit Leonhard Euler oder dessen Sohn brieflich verkehrt. Zwei Bruchstücke aus Briefen Johann Albrecht Eulers an Kästner hat R. Wolf in den „Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern" vom Jahr 1847, Seite 161—164, veröffentlicht. In einem Briefe vom $\frac{\text{1. September}}{\text{12. September}}$ 1769 schreibt J. A. Euler aus Petersburg an Kästner in Göttingen folgendes: „. . . . Mein Vater lässt E. Wohlg. den verbindlichsten Dank abstatten für Dero gütigst getroffene Veranstaltung seine Abhandlung über die Errichtung der Wittwenkassen in dem neuen Hamburgischen Magazin einrücken zu lassen. Er erbietet sich wiederum zu dienen und lässt sich gehorsamst empfehlen . . . ."

Dieses Zeugnis des ältesten Sohnes Leonhard Eulers ist ein unzweideutiger Beleg dafür, dass Kästner nur den Vermittler gespielt hat, um Eulers Abhandlung im Neuen Hamburgischen Magazin einrücken zu lassen. Johann Albrecht Euler spricht von seinem Vater und sagt dabei: „*seine* Abhandlung über die Errichtung der Wittwenkassen . . . ." Auch hier ist es sehr unwahrscheinlich, dass Johann Albrecht Euler an die Übersetzung einer Eulerschen Abhandlung

dachte. Wäre das der Fall gewesen, so hätte er sich auch an dieser Stelle Kästner gegenüber ganz anders ausgedrückt.

In diesem brieflichen Verkehr zwischen Euler und Kästner ist also die Erklärung zu finden für die Tatsache, dass Kästner vom Eulerschen Aufsatze schon vor dessen Drucklegung Kenntnis erhielt. Es frägt sich nur noch: Warum hatte Kästner überhaupt etwas damit zu tun?

Bekanntlich war Leipzig A. G. Kästners Heimat; dort wurde er am 27. IX. 1719 geboren und verbrachte Kindheit und Jugendzeit. An der Leipziger Universität wurde er 1739 als Privatdozent zugelassen und 1746 zum ausserordentlichen Professor der Mathematik ernannt. Bis 1756 verblieb er als solcher in Leipzig, um dann einem Ruf an die Universität Göttingen zu folgen, wo er 1800 verstarb. Nun gehörte Leipzig zu den bekanntesten und billigsten Druckorten; dort wurde auch das „Neue Hamburgische Magazin“ herausgegeben. Zweifelsohne hatte Kästner, auch nachdem er nach Göttingen übergesiedelt war, gute Verbindungen in Leipzig. Ferner war er *einer der Redaktoren des* Neuen Hamburgischen Magazins[1]). Es ist somit sehr natürlich, dass durch seine Vermittelung eine Eulersche Abhandlung in jener Zeitschrift aufgenommen wurde.

Auch in dem sonderbaren Titel des in Frage stehenden Aufsatzes und in der nachfolgenden „Erinnerung“ kann man eine Bestätigung der Ansicht sehen, dass Kästner nur den Vermittler gespielt hat, dass es sich um eine Originalarbeit von Euler handelt, welcher Kästner, als Redaktor, eine Schlussbemerkung hinzufügte. Dasselbe sagt übrigens noch ausdrücklich J. A. Kritter im oben zitierten Vorwort. Dasselbe bestätigt das Protokoll der Petersburger Akademie vom 3. April 1769.

Die Frage der Übersetzung muss ich noch einmal streifen. Wie schon oben erwähnt, ist der deutsche Aufsatz „nöthige Berechnung zur Einrichtung einer Witwenkasse“ ganz unabhängig von der lateinischen Arbeit „Solutio quaestionis . . . .“. Dagegen weist ersterer grosse Ähnlichkeit auf mit dem ersten Teil von Leonhard Eulers Hauptwerk über Versicherungswesen: „Éclaircissemens sur les établissemens publics . . . . .“. Dieser erste Teil handelt nämlich von Witwenkassen und ist betitelt: „D'un établissement public pour payer des pensions à des veuves fondé sur les principes les plus

[1]) Vergl. „Deutsches Anonymen Lexikon“. 1501—1850, aus den Quellen bearbeitet von Dr. Michael Holzmann und Dr. Hanns Bohatta. Ges. d. Bibliophilen, Weimar 1905. — In Band III, Seite 104, steht unter Nummer 3389 folgendes: „Magazin, Hamburgisches, ... Herausgeber: Kästner, Abrah. Gotthelf: Joh. Aug. Unzer, und andere (Gatterer, Repert. der mineral. Litt. Giessen 1798—99 I, 291)“.

solides de la probabilité". Diesen ersten Teil könnte man viel eher als „Übersetzung" des deutschen Aufsatzes betrachten. Indessen zeigt schon der äussere Umfang beider Abhandlungen, dass sie unabhängig voneinander sind. Die französische umfasst 34 Quartseiten und vier umfangreiche Tabellen, die deutsche nur 12 Oktavseiten. Ferner wird in der französischen Arbeit die rechnerische Seite eingehend, in der deutschen gar nicht, behandelt. Endlich ist im deutschen Aufsatz über Witwenkassen ein Einfluss der Schrift J. A. Kritters deutlich bemerkbar, in der französischen Arbeit nicht.

Durch die Freundlichkeit von Herrn Privatdozent Dr. Konrad Müller, Bibliothekar a. d. k. Bibliothek in Göttingen, ist mir ein Exemplar der jetzt sehr seltenen Schrift von J. A. Kritter zur Verfügung gestellt worden. Sie umfasst, ausser einer 20 Seiten langen Vorrede des Herausgebers, 136 Seiten, in Gestalt von sieben „Briefen" und den dazu gehörigen sieben „Antworten". Die damals berühmte „Bremische Witwenpflegeschafft", deren Mitglieder in der Absicht zusammentraten, „um gemeinschafftlich vor (!) die Ernährung ihrer künftigen Witwen und Erziehung ihrer Waysen zu sorgen", erfreute sich eines grossen Ansehens, da sie schon seit 14 Jahren bestand, ihre Mitgliederzahl auf 400 gestiegen und ihr Kapital nach und nach auf 80.000 Reichstaler angewachsen war, „welches bis jetzo noch alle Jahre durch ihre festgesetzten Beyträge zunimmt". Dieser Umstand hatte sogar die damaligen Mitglieder veranlasst, den Witwen die Pensionen um 25 % zu erhöhen. Gegen diese Erhöhung erhoben zum allgemeinen Erstaunen zwei der Mitglieder: Dr. Leporin und Senator J. A. Kritter, sehr wohl begründete Einwendungen und prophezeiten in einem 1767 gedruckten Gutachten den notwendigen finanziellen Zusammenbruch der Gesellschaft. „Insonderheit hat der Herr Senator und Camerarius Kritter zu Göttingen sich äusserst bemühet, diese dunkele Sache ausser Zweifel zu setzen, und durch gute Vorschläge seinen Herren Mitgenossen zu dienen." — „Der darüber entstandene Briefwechsel zweyer Bremischen Mitgenossen ist mir durch einen Glücksfall in die Hände gerathen," sagt der Herausgeber, der ihn dann schleunigst abdruckte. Das Hauptresultat der ganzen Schrift, auf Grund der damals vorhandenen Sterbetafeln, gipfelt in folgendem Satze: Wenn eine solche Gesellschaft sich beständig rekrutieren kann, tritt schliesslich ein stationärer Zustand ein, in welchem eine Witwe auf zwei Ehemänner kommt; sobald sich aber die Gesellschaft nicht mehr rekrutiert, sondern aussterben muss, weil neue Mitglieder nicht mehr beitreten, so steigt schliesslich die Zahl der Witwen so hoch an, dass 10 Witwen gegen einen Ehemann gerechnet werden müssen. Und an die Richtigkeit dieser

beiden unangenehmen Sätze wollten die Mitglieder der Bremischen Witwenversorgungsanstalt nicht glauben. — In den letzten Briefen wird von einem in Bremen neu errichteten „Trauerpfennig-Institutum“ Nachricht gegeben und gezeigt, dass eine so eingerichtete Sterbekasse auf grundfalschen Sätzen beruhe und auf die Dauer nicht bestehen könne. Das Ganze ist in klarer, wenn auch weitschweifiger Art auseinandergesetzt, aber unter Vermeidung jeder algebraischen Formel.

Leonhard Euler hat die ganze Frage algebraisch behandelt und auf wenigen Seiten klar und bündig erledigt. Der eigentlichen Auflösung der vorgelegten Frage lässt er „Vorläufige Anmerkungen über diese Frage“ und „Vorbereitung zur Auflösung der vorgelegten Frage“ vorangehen. In diesen Anmerkungen ist ein deutlicher Nachklang des Inhaltes der Kritterschen Schrift zu merken. So z. B. berührt er die Frage, ob die Witwen, auch falls sie sich wieder verheiraten, die Pension weiter geniessen sollen. Diese Frage muss bei jeder Gründung einer Witwenpensionskasse aufgerollt werden, und die verschiedenen Witwenversorgungsanstalten erledigen sie in sehr mannigfacher Weise. Leonhard Euler hat die Schwierigkeit gefühlt, sie mathematisch streng zu behandeln. Übrigens war damals das erforderliche Tatsachenmaterial noch nicht gesammelt. Er charakterisiert seinen Standpunkt folgendermassen: „Diese Frage wird nun bey den in Hessen und Bremen errichteten Gesellschaften von dieser Art verneinet, also dass, sobald sich eine solche Witwe wiederum verheyrathet, die Pension wegfällt. Allein da sich dieser Umstand, als etwas willkürliches, nicht in die Rechnungen bringen lässt, und es auch ferner den Grundsätzen eines Staates entgegen ist, wenn durch dergleichen besondere Einrichtung neue Ehebündnisse verhindert werden sollten: so ist allerdings weit zuträglicher, dass die den Witwen zugestandenen Pensionen, beständig bis an ihren Tode fortdauren, dieselben mögen sich wiederum verheyrathen oder nicht .....“. Die Kenntnis, dass in einer Bremischen und Hessischen Witwenversorgungsanstalt im Fall von Wiederverheiratung die Witwen ihrer Pension verlustig gehen, hat Euler sehr wahrscheinlich aus der Kritterschen Schrift geschöpft.

Aus vorstehenden Erörterungen scheint mir unzweideutig hervorzugehen, dass der deutsche Aufsatz *„Des Herrn Leonhard Eulers nöthige Berechnung zur Einrichtung einer Witwenkasse“* nicht von A. G. Kästner herrührt, wie bisher allgemein angenommen wurde, sondern Euler selbst zum Verfasser hat.

Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal und die Überschiebung der Bündnerschiefer südlich von Bonaduz.

Von

Paul Arbenz und Walther Staub.

I. Einleitung.

Fast alle in den folgenden Zeilen ausführlich geschilderten Felsen am Hinterrhein waren schon Theobald genau bekannt. Im Jahre 1860 legte er seine umfassenden Beobachtungen in einer wichtigen Arbeit, betitelt: „Zur Kenntnis des Bündnerschiefers“ [1]) nieder. Dass die höheren Gebirge südlich von Reichenau vollständig aus dem monotonen Bündnerschiefer bestehen, war ihm genau bekannt, und die Fossilarmut dieser Schiefermassen machte eine direkte Altersbestimmung in dieser Gegend unmöglich. Theobald richtete daher sein Augenmerk auf diejenigen Stellen, wo die Unterlage der Schiefer zum Vorschein kommt, um im Zusammenhang mit der Untersuchung der linken Seite des Vorderrheintals nicht nur Anhaltspunkte für die Bestimmung des Alters der Bündnerschiefer, sondern auch einen Einblick in die tektonische Verbindung der beiden Talseiten zu gewinnen. Die Fragen, die uns heute beschäftigen, sind genau dieselben. Mit Theobald erblicken wir in den merkwürdigen Felsen der Tomba von Rodels und des Sporns bei Pardisla im Domleschg unzweifelhafte Vertreter der Trias. Dieselben Gesteine erscheinen auch weiter talabwärts südlich von Rhäzüns (bei Nundraus). Aus der Schilderung, die Theobald in der zitierten Arbeit, sowie auch in seinem Hauptwerk [2]) von der Gegend von Rhäzüns und Bonaduz gibt, entnehmen wir, dass er auch die bunten Triasschiefer am Fuss des St. Georgshügels kannte. Trotzdem er aber die merkwürdige Stellung der Triasschichten bei Nundraus notierte und die Schichtreihe der Zwischenbildungen am Calanda untersucht hatte, behandelt er den eisen-

[1]) G. Theobald. Zur Kenntnis des Bündnerschiefers. Jahresber. d. Naturf. Ges. Graub., Neue Folge V, pag. 23, 1860.

[2]) G. Theobald. Geognostische Beschreibung der nordöstlichen Gebirge von Graubünden. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. I, pag. 147 u. 148, 1864.

schüssigen untern Dogger zusammen mit den Bündnerschiefern und sieht in den Trias von Nundraus, vom St. Georgshügel etc. die normale Unterlage der Bündnerschiefer.

Auf Blatt XIV der geologischen Karte 1 : 100 000 sind die in Frage stehenden Felsen am Hinterrhein teils als Bergsturz, teils als Bündnerschiefer verzeichnet. Diesen Mangel hat Alb. Heim später verbessert. In seinem „Beitrag“ [1]) beschreibt er die meisten der anstehenden Felsen und Hügel am Hinterrhein. Die Spezialkarte und die Profile aus dieser Gegend dienten als Grundlage für unsere Studien. Wir verdanken Herrn Prof. Heim ferner die Überlassung einer Manuskriptkarte 1 : 50 000, in der auch die Triasfelsen des Domleschg enthalten sind.

Über die inzwischen erschienenen Publikationen von Rothpletz wird im tektonischen Teile dieser Arbeit die Rede sein. Wir erwähnen hier nur noch als wesentliches Hülfsmittel für unsere Studien die Beschreibung und die geologische Karte des Calanda von Piperoff [2]), die für die Bonaduzer Gegend viele wichtige Einzelheiten enthält. Auch sei noch auf die eben erschienene Arbeit von W. Staub [3]) über die Bergstürze, Moränen und Terrassen dieses Talstückes verwiesen.

Vor kurzem hat P. Arbenz die Resultate der gemeinsamen Beobachtungen in einer kurzen Mitteilung im Schosse der schweizerischen geologischen Gesellschaft bekannt gegeben. [4])

Die Frage nach dem faciellen Übergang von normalen helvetischen Sedimenten zu den Bündnerschiefern wurde von den verschiedenen Autoren, wie weiter unten ausführlicher dargetan wird, sehr verschieden beantwortet. Eine der wichtigsten Gegenden, wo Anhaltspunkte für die eine oder andere Deutung der stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse enthalten sein sollten, ist das Talstück zwischen Reichenau am Vorderrhein und dem Eingang ins Domleschg. Hier sollte sich nach Heim jene Degeneration der helvetischen

---

[1]) Alb. Heim. Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, XXV, pag. 290—297 u. pag. 442 ff., ferner Taf. VII, Fig. 1, 2a, 2b und 2c.

[2]) Chr. Piperoff. Geologie des Calanda. Beitr. z. geolog. Karte d. Schweiz, neue Folge VII, 1897.

[3]) Walther Staub. Die Tomalandschaften im Rheintal von Reichenau bis Chur. Ein Beitrag zur Kenntnis der Bergsturzablagerungen im Rheintal. Jahresber. d. Geogr. Ges. Bern, 1910.

[4]) P. Arbenz. Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal bei Bonaduz und Rhäzüns. Eclogae geol. Helv. X., pag. 729, 1909. Actes soc. helv. 1909, pag. 202. Arch. des sc. phys. et nat. Genève, Comptes rendus soc. helv. 1909, pag. 45.

Doggersedimente zur Facies der Bündnerschiefer bekunden, die von Schmidt und Rothpletz nicht zugegeben wird. Hier sollten auch nach Schmidt nicht nur die helvetischen, sondern auch die präalpinen Decken wurzeln. Von den vielen Fragen, die sich an das Alter der Bergstürze dieser Gegend und ihr Verhältnis zu den Moränen knüpfen, können wir hier absehen und auf die zitierte Arbeit des einen von uns hinweisen. Wenn auch unsere Beobachtungen wenig absolut Neues zutage fördern konnten, so erscheint es uns doch notwendig, die einzelnen Lokalitäten systematisch genau zu schildern und die vielen zum Teil schon von andern gemachten Folgerungen zu ergänzen oder in andern Zusammenhang zu bringen.

Wie schon lange bekannt ist, tritt bei Bonaduz und auch weiter südwärts Dogger und unterer Malm in zweifellos helvetischer Facies auf. Leider handelt es sich nur um isolierte Felsen und Hügel, die zum Teil weit auseinanderliegen. Die Zwischenräume sind mit der mächtigen Grundmoräne von Bonaduz-Rhäzüns ausgefüllt. Nur wenige Hügel ragen über die Oberfläche der Moränenterrasse heraus und zeigen meistens schlechte Aufschlüsse. Am Ufer des Hinterrheins, vor allem am linken Steilbord, sind mehrere solcher Felshügel angeschnitten und können bei niedrigem Wasserstand untersucht werden. Dass diese Felsen von einander getrennt sind und nur zum Teil tektonisch miteinander verbunden werden können, erschwert das Verständnis dieser Gegend ungemein. Sowie man aber südlich von Rhäzüns das Bündnerschieferterrain betritt, erscheinen auch am Flusse die Felsmassen geschlossen. Zwischen Rhäzüns und Rotenbrunnen weichen die Schiefer vom Flusse wieder zurück und lassen nochmals Trias, sowie auch, wie wir nachweisen konnten, helvetischen Dogger in isolierten Felsen zum Vorschein kommen. Die Talenge von Rotenbrunnen liegt wiederum völlig im Bündnerschiefer. Erst im Domleschg bei Pardisla und Rodels tritt wieder Trias auf. Abermals hat sich der Bündnerschiefer seitwärts an die Gehänge zurückgezogen, und abermals tritt die Trias wie weiter nördlich in völlig isolierten Zeugen auf.

Wir werden nun in den folgenden Abschnitten die einzelnen Hügel und Sporne am Hinterrhein und in seiner Nachbarschaft zu beschreiben versuchen. Von Norden gegen Süden folgen:

1. Der Sporn von Isla bei Bonaduz.
2. Der Hügel Plazes.
3. Der St. Georgshügel.
4. Der Malmsporn bei Rhäzüns.
5. Der Schlosshügel von Rhäzüns.
6. Die Crestas von Bonaduz und Rhäzüns.

7. Das Versamer Tobel und die vermuteten anstehenden Felsen im Flimser Bergsturz.
8. Das Rheinbord zwischen Rhäzüns und Nundraus.
9. Die Sporne von Nundraus.
10. Die Triasfelsen von Pardisla und Rodels im Domleschg.

Nachher wollen wir versuchen, die tektonischen Eigentümlichkeiten dieser Hügel zusammenzufassen, und die Stellung dieser helvetischen Region zum autochthonen Sedimentmantel des Aarmassivs, zu den helvetischen Decken und zu den teilweise direkt über ihr liegenden Bündnerschiefern diskutieren. Im letzten Abschnitt wird dann Gelegenheit sein, die Literatur vollständiger zu behandeln.

II. Lokalbeschreibung.

1. Der Sporn von Isla bei Bonaduz.

An dieser schon oft beschriebenen und viel besuchten Stelle tritt ein Schichtenkomplex vom Dogger und unterem Malm auf, der mit ca. 10° gegen NW einfällt und N 40° E streicht, somit gegenüber dem allgemeinen ENE-Streichen des Aarmassives und seiner Falten, sowie auch der Bündnerschiefer um ca. 20° gegen N gedreht erscheint. Diese abweichende Streichrichtung verbunden mit scheinbar widersinnigem NW-Fallen tritt noch an manchen Stellen längs des Hinterrheines, besonders auch bei Nundraus auf. Senkrecht zu dieser Richtung wurde das Profil Fig. 2 konstruiert.

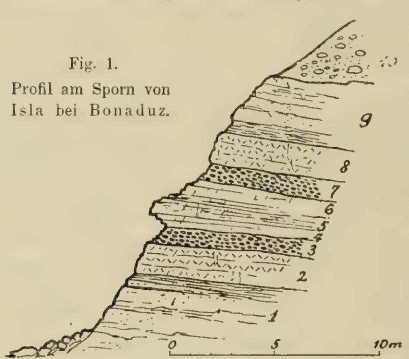


Fig. 1.
Profil am Sporn von Isla bei Bonaduz.

Die Literatur über das Profil bei Isla enthält nur den Nachweis einer normalen Schichtfolge von Dogger und unterem Malm. Merkwürdigerweise liegt jedoch auf der normalen eine etwas stärker gegen NW fallende, zur untern genau symmetrische verkehrte Schichtreihe, wie aus dem Profil Fig. 1 zu ersehen ist.

Von unten nach oben folgen nacheinander:

1. Glimmerführende, zum Teil sericitische Tonschiefer des untern Dogger mit Einlagerungen von Eisensandsteinbänken, die von weissen

Quarzadern durchsetzt sind und ab und zu Talk enthalten. Das gleiche Gestein tritt am Calanda bei der „Goldenen Sonne" auf. Mächtigkeit 3 m.

2. Echinodermenbreccie, braun anwitternd, klotzig; teilweise marmorisiert, 1,5—2 m.

3. Grüner, chloritischer Schiefer, reich an Magnetit, mit Resten von stark gestreckten Chamositoolithen und dünnen Linsen und Einlagerungen von Kalk (Belemniten?), — metamorpher Eisenoolith, 0,8 m.

4. Schiltkalk, fleckig, gestreckt, marmorisiert und sericitisch. Typisch ca. 1 m.

5. Graue sericitische, kalkige Schiefer (= Argovien), 1,5 m.

6. Schiltkalk, 0,5 m, = 4.

7. Eisenoolith, 0,8 m, = 3.

8. Echinodermenbreccie, 1,5 m = 2.

9. Unterer Dogger mit Eisensandstein, 2,5—3 m = 1.

10. Grundmoräne.

Auf der Ostseite des Spornes ist zu sehen, wie der Schiltkalk sich gegen Nordwesten ausspitzt und von Dogger umschlossen wird. Eine deutliche Umbiegung der Schichten ist jedoch nicht vorhanden.

Es scheint hier somit der merkwürdige Fall einer vollständig nach Süden übergelegten Mulde von Dogger mit einem Kern von unterem Malm vorzuliegen.

Obwohl der ganze Felsen stark zerklüftet und gelockert ist, darf man ihn doch ohne Zweifel als anstehend betrachten.

2. Der Hügel Plazes.

Er besteht im wesentlichen aus grünem Verrucano und ist von dem Sporn bei Isla durch einen mit Moräne erfüllten Unterbruch von 600—700 m getrennt. Von allen hier zu behandelnden Felsen am Hinterrhein reicht er am weitesten gegen Osten und besitzt allein eine Fortsetzung auf dem rechten Ufer (siehe Heim, loc. cit.). Zunächst am rechten Rheinufer ist der Verrucano sicher anstehend. Er wird ferner von Heim und Rothpletz als anstehend bezeichnet in dem Tälchen zwischen dem Bergsturzhügel Ils Aults im Norden und dem Bündnerschiefergehänge im Süden. Wir glauben jedoch, dass es sich hier nicht um anstehenden Verrucano handelt, sondern vielmehr um Blockwerk, das mit dem Bergsturz des Kunkelspasses, der den Ils Aultshügel geschaffen hat, aus der Gegend von Tamins herabgekommen ist.

Das Gestein des Verrucanospornes von Plazes ist wohl grösstenteils als gequetschter Quarzporphyr aufzufassen. In gleicher Aus-

bildung findet er sich im Lavoytobel unterhalb Tamins, während er bei und ob Tamins stärker schiefrig ist und wohl irgend ein klastisches Gestein darstellt. Die nach unserer Ansicht nicht anstehenden Verrucanomassen im Ils Aultshügel südlich Reichenau zeigen diese Taminser Ausbildung und lassen sich von dem am Hinterrhein anstehenden Verrucanoporphyr nicht schwierig unterscheiden.

Die Schichtstellung des Verrucano ist nicht überall leicht zu bestimmen. Im nördlichen Teil des Hügels Plazes herrscht WNW-Fallen mit 50°. Weiter südwärts scheint sich NS-Streichen mit nahezu senkrechter Schichtlage einzustellen. Auf dem rechten Ufer fällt der Verrucano flach ostwärts in den Berg hinein. Die Feststellung der Schichtlage wird noch dadurch erschwert, dass auf dem wirklich anstehenden Fels häufig ein halbanstehendes Blockwerk liegt.

Jedenfalls bildet der Verrucano von Plazes die normale Unterlage der Schichten von Isla und der unten zu schildernden Schiefer des Georgshügels.

3. Der St. Georgshügel.

Nach einem Unterbruch von gegen 300 m folgt südlich des Spornes von Plazes ein Felsbord, an dem in sehr schlechten Aufschlüssen schiefriger unterer Dogger, Echinodermenbreccie und fragliche Triasschiefer auftreten. Im Anschluss daran folgt der steil aufstrebende St. Georgshügel, an dessen Ostfuss ein gutes Profil zu sehen ist. Der ganze Hügel besteht vorwiegend aus unterem Dogger, der wohl teilweise den Opalinusschiefern zuzurechnen ist, zum grössern Teil aber den Murchinsonaeschichten und dem Bajocien entspricht. Er enthält häufig Eisensandsteinbänke und gleicht dann vollkommen dem untern Dogger von Isla.

Wie aus dem Profil Fig. 3 zu ersehen ist, erscheint als ältestes Schichtglied keilförmig von SW herauftauchende obere Trias, die schon Theobald bekannt war. Von SW gegen NE lassen sich feststellen:

1. Glimmerführende schwarze Tonschiefer = unterer Dogger Der Lias fehlt vollständig.

2. Breccie aus eckigen oder rundlichen Dolomitfragmenten mit sandiger, sericitischer Bindemasse. Die einzelnen Brocken erreichen einen Durchmesser von einigen Centimetern. Mächtigkeit mehrere Meter. Gleiche Gesteine fanden wir im Quartenschieferniveau (obere Trias) ob Pradamal, östlich von Tamins, ferner bei Nundraus (s. unten).

3. Gegen unten stellen sich feinere Breccien und Sandsteine ein. Die Mächtigkeit von 2 und 3 beträgt ca. 7—10 m.

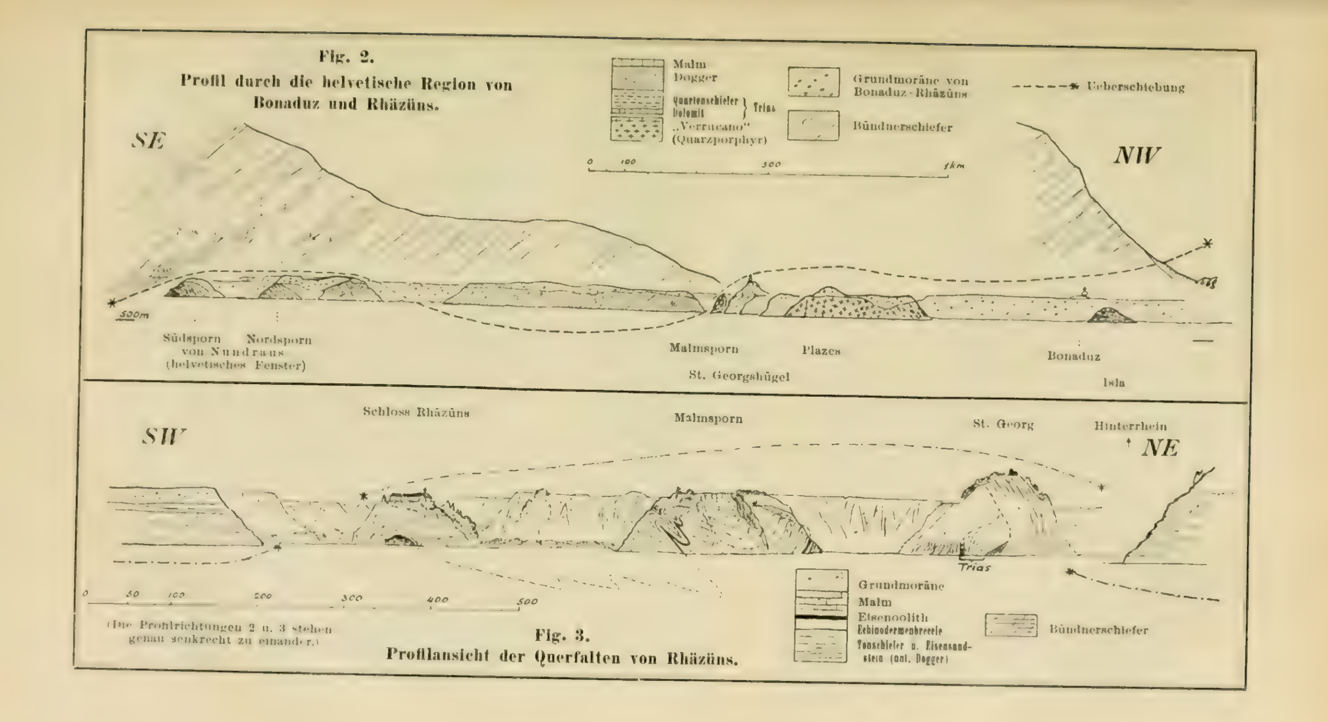


Fig. 2.
Profil durch die helvetische Region von Bonaduz und Rhäzüns.

Fig. 3.
Profilansicht der Querfalten von Rhäzüns.

4. Weisser Sandstein mit rötlichen Feldspatkörnern, gegen 15 m. Ähnliche Gesteine sind ebenfalls aus der oberen Trias bekannt.

5. Schwarze und grünliche, sericitische, rauhe Tonschiefer mit Schlieren und Lagen von rostig anwitterndem Sandstein. Quartenschiefern, 5—6 m. (Vgl. Profile von Nundraus.)

6. Mit scharfer Grenze (Überschiebung) folgen darunter wellige, schwarze Tonschiefer mit Einlagerungen von Eisensandstein (= unterer Dogger).

Nr. 2 bis 5 gehören somit offenbar der oberen helvetischen Trias an. In welcher Weise diese Gesteine gegen oben auskeilen, konnten wir nicht feststellen. Sie scheinen von Dogger vollständig umschlossen zu werden.

Am Rheinufer fallen die Schichten mit vielen Abweichungen im Einzelnen durchschnittlich mit ca. 30° gegen SW ein. Die Breccie steht am Ufer vertikal. Höher oben richtet sich die Schichtlage mehr auf und geht schliesslich unter etwelcher Drehung im Streichen in NW-Fall über.

4. Der Malmsporn bei Rhäzüns.

Nach einem kurzen, wiederum mit Moräne ausgefüllten Unterbruche folgt südlich des Georgshügels ein Sporn, der vorwiegend aus Malm besteht. Der Fels erreicht die Oberfläche der Moränenterrasse von Bonaduz-Rhäzüns nicht; er erscheint somit nur am Rheinbord und trägt dort noch eine 10 m mächtige Moränenkappe.

Wie schon oben erwähnt wurde, war die schöne Muldenbiegung in diesem Felssporn Heim und Piperoff aufgefallen. Heim schilderte auch das Doggerprofil am Nordostfuss des Felsens, hielt jedoch die Hauptmasse für Schiefer des untern Malm, während es sich um etwas marmorisierten und geschieferten eigentlichen Malmkalk handelt.

Die allgemeine Situation, sowie auch der Faltenwurf ist im Profil Fig. 3 zur Darstellung gebracht. Die Schichtfolge vom untern Dogger bis zum Malm, die man am Nordostfuss des Felsens bei niedrigem Wasserstand leicht studieren kann, ist auf Fig. 4 wiedergegeben. Man findet hier von NE gegen SW:

1. Knorrige, glimmerführende Tonschiefer mit Einlagerungen von Eisensandstein, = unterer Dogger. Bis ca. 10 m aufgeschlossen. Die Gesamtmächtigkeit des untern Doggers misst wohl über 50 m.

2. Echinodermenbreccie, marmorisiert, mit einzelnen Calcitrhomboedern als Reste von Echinodermen, klotzig und schlecht geschichtet. Gegen die Basis schiefrige Einlagerungen; 1,8—2 m.

3. Chloritischer Schiefer mit zahlreichen Magnetitkrystallen. Kleine Kalklinsen als Überreste marmorisierter Belemniten

häufig; die Struktur derselben ist auf der angewitterten Fläche in einzelnen Fällen noch erkennbar. Die oberen Partien sind vorwiegend grünschwarz, die unteren bräunlich. 80 cm (= Eisenoolith). Es folgt mit scharfer Grenze

4. gelbfleckiger, grauer bis weisser, mehr oder weniger intensiv marmorisierter Schiltkalk, sericitreich und stark gestreckt; Belemniten. 2,2 m.

5. Ohne scharfe Grenze gegen 4. und 6. folgt grauer bis gelblichgrauer sericitischer Schiefer abwechselnd mehr kalkig oder tonig. 3,5 m (= Argovienschiefer).

6. Malmkalk. Grauer, feinschuppiger, marmorisierter Kalk, gegen 70 m.

Die Doggerschichten streichen am Ufer N 35° W aus und fallen mit 45 gegen SW ein. Höher am Felsbord empor richten sich die

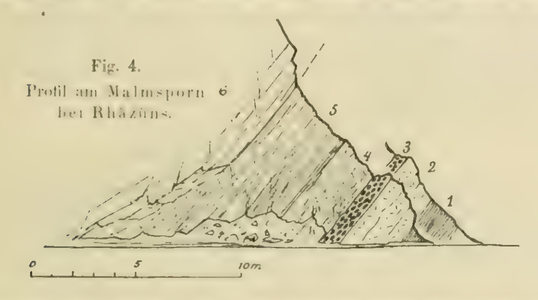


Fig. 4.
Profil am Malmsporn bei Rhäzüns.

Schichten auf (siehe Fig. 3) und scheinen sich schliesslich über den Malm südwärts hinüber zu legen. Am obern Rand der Wand, an unzugänglicher Stellung erscheint der untere Dogger an einer flach gegen Norden fallenden Überschiebungsfläche über die steil aufgerichteten Schichtköpfe des Malm überschoben. Der Zusammenhang dieses Doggers mit demjenigen am Ufer ist auf kurze Strecke unterbrochen. Die Überschiebungsrichtung ist nicht sicher festzustellen. Der wahrscheinliche Zusammenhang des Doggers oben mit demjenigen am Abhang und am Fuss der Wand scheint auf einen Schub von NE her zu deuten; dagegen spricht die deutliche Schleppung der Malmschichtköpfe unter der Überschiebungsfläche eher für eine Überschiebung von SW her (siehe Fig. 3).

Wendet man sich am Fuss der Felswand gegen Südwesten, so wird man von grauem Malmkalk begleitet. Die Schichten beschreiben eine regelmässige Muldenbiegung und erheben sich hernach sanft gegen SW. Bald erscheint auch der hier schneeweisse marmorisierte

und von Sericithäuten durchzogenene Schiltkalk wieder; ferner der als schwarze Linie schon von weitem leicht erkennbare metamorphosierte Eisenoolith, sodann die Echinodermenbreccie, und der untere Dogger mit Tonschiefern und Eisensandstein und zuletzt eisensandiger Echinodermenbreccie. Gegenüber dem Profil von Isla besteht kein wesentlicher Unterschied, wenn man von der hier intensiveren Metamorphose des Schiltkalks und Eisenooliths absieht. Besonders ist hervorzuheben, dass der untere Dogger durchaus typisch entwickelt ist.

In sehr markanten Falten schwingen sich sodann Dogger und Schiltkalk südwestwärts in die Höhe und treffen schliesslich die Auflagerungsfläche der Grundmoräne. Diese Falten sind, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, stark nach Nordosten übergekippt. In den Muldenkernen liegt jeweilen der weisse Schiltmarmor und der Argovienschiefer, in den Gewölbekernen der Eisensandstein.

Sowohl die ganze Malmmulde, als auch die kleinen soeben geschilderten kleinern Falten in ihrem Südschenkel streichen mit ihren Achsen NW–SE, d. h. vollständig quer zum Alpenstreichen.

5. Der Schlosshügel von Rhäzüns.

Auch dieser Hügel besteht aus Dogger und Malm und zwar vorwiegend aus unterem Dogger, d. h. Tonschiefern mit Einlagerungen von Eisensandsteinbänken und sandigen Echinodermenbreccien. Am Fuss der Felswand, direkt unter dem Schloss, tauchen, überwölbt von wirr gefälteltem unterm Dogger, die Echinodermenbreccie, der „Eisenoolith", der Schiltkalk und der schiefrige untere Malm in verkehrter Lagerung nochmals auf. Von Nordosten her erheben sich diese Schichten erst rasch mit einer kleinen nordwärts überliegenden Knickung, dann langsam gegen Südwesten bis ungefähr 20 m über den Alluvionsboden, sinken hernach an einer Reihe von Brüchen weiter gegen SW staffelförmig tiefer und tiefer und verschwinden schliesslich bei schwach gegen SW geneigter Schichtlage unter Schutt nahe dem Talboden (siehe Fig. 5). Dann erreicht der Dogger mit seinen wechselnd tonigen und sandigen, im allgemeinen gut kenntlichen Gesteinen wiederum den Fuss der Wand. Zuletzt folgt noch mit vertikalem bis schwach überhängendem Kontakt eine Partie geschiebereicher Grundmoräne. Der untere Dogger zeigt besonders hier zahlreiche Vitriolausblühungen, auf die schon Heim aufmerksam gemacht hat.

Die Ausbildungsweise der einzelnen Stufen, sowie der Grad der Metamorphose ist hier gleich wie am vorhin geschilderten Malm-

sporn. Die Schichtreihe am Fuss des Rhäzünser Schlosshügels zeigt folgende Mächtigkeiten:

1. Unterer Malm, kalkig schiefrig, ca. 4 m aufgeschlossen.
2. Schiltkalk, gelblich bis weiss, klüftig, 1,5 m.
3. Chlorit-Magnetitschiefer (Eisenoolith), 50 cm.
4. Echinodermenbreccie, marmorisiert, hellgrau, aussen gelblichbraun, 1,7 m.
5. Schwarze Tonschiefer mit Sandsteinlagen, 1,4 m.
6. Eisensandstein, mit weissen Quarzadern, 25 cm.
7. Schwarze Tonschiefer mit Einlagerungen von mehr oder weniger mächtigen Partien und Lagen von Eisensandstein. Eisenschüssige Echinodermenbreccien scheinen zu fehlen. Mächtigkeit zwischen 50 und 70 m.

Der untere Dogger (6 und 7) beschreibt zahllose kleine Falten. An der Nordosthälfte der Wand ist eine grosse, flachliegende Mulden-

Fig. 5. Am Schlosshügel von Rhäzüns.

umbiegung erkennbar, deren konkave Seite gegen SW schaut. Wegen dieser Komplikationen im Kleinen und im Grossen ist die Mächtigkeit des gesamten Doggers, abgesehen von der Echinodermenbreccie schwer zu schätzen.

Das Streichen der Schichten und Falten am Schlosshügel von Rhäzüns ist E 10° S gerichtet. Gegenüber dem Faltenstreichen am Malmsporn lässt sich somit eine Drehung der Streichrichtung von SE gegen E um ca. 35° konstatieren. Beide Extreme sind durch Übergänge verbunden. Nimmt man das Mittel aus den extremsten Streichrichtungen von Rhäzüns und dem Malmsporn, so erhält man eine Richtung, die zum Streichen der Schichten von Isla und Nundraus direkt senkrecht steht.

Ohne Zweifel muss ein tektonischer Zusammenhang zwischen dem oben geschilderten sogenannten Malmsporn und dem verkehrten Malm am Schlosshügel von Rhäzüns vorhanden sein. Die einzige

leicht vorstellbare, wohl auch wahrscheinlichste Verbindung ist in dem Profil Fig. 3 wiedergegeben. Eine enge Mulde von Malm in Dogger war wohl zunächst vorhanden. Ihr Streichen dürfte W S W – E N E. d. h. parallel den Alpenfalten gerichtet gewesen sein. Bei einem späteren Faltungsvorgang wurde diese Mulde intensiv quergefaltet. Über die vermutlichen Ursachen dieser auffallenden Querfaltung wird weiter unten noch einiges hinzugefügt werden.

6. Die Crestas von Bonaduz und Rhäzüns.

In einiger Entfernung westlich vom Hinterrhein ragen aus der grossen Grundmoränenterrasse von Bonaduz-Rhäzüns eine Anzahl isolierter Hügel auf, die wegen ihrer länglichen Form den Namen Cresta bekommen haben, zum Unterschiede von den rundlichen oder kegelförmigen Bergsturzhügeln, die bei Ems Toma und bei Bonaduz Put heissen.

Die Crestas von Rhäzüns und Bonaduz tragen grösstenteils eine Kappe von Moräne. Aufschlüsse sind meistens sehr spärlich. In ihrer Zusammensetzung stimmen sie mit den geschilderten vom Hinterrhein angeschnittenen Hügeln und Spornen überein und bestehen jedenfalls samt und sonders aus anstehendem Fels. Bergsturzhaufen sind hier völlig ausgeschlossen.

Auf dem nördlichsten von diesen Hügeln steht die Kirche von Bonaduz. Er besteht aus Eisensandstein des untern Dogger, der ca. N 55° E streicht und ca. 30° S E fällt. Er ragt nur wenig über die Ebene empor und ist von einer dünnen Schicht verschwemmter Moräne bedeckt. Piperoff (loc. cit. pag. 30), der diesen Hügel ebenfalls untersucht hatte, bringt ihn ganz richtig mit dem Sporn von Isla (siehe oben, pag. 26) in Verbindung.

Als ebenfalls aus anstehendem Dogger bestehende Hügel schildert Piperoff die Cresta Bliema bei Rhäzüns und den kleinen Hügel nördlich davon. Ein erratischer Block liegt auf dem ersteren. An den Hängen sind einige Schichtköpfe von Dogger schlecht sichtbar, im übrigen sind die Hügel gänzlich bewachsen.

Das gleiche lässt sich von der Cresta lunga bei Rhäzüns sagen. Schon Piperoff (loc. cit. pag. 35) sah hier die braunen, eisenhaltigen Kalke und hellgraue, glänzende Tonschiefer. Auf dem Gipfel des Hügels beobachtete der eine von uns Malm (anstehend?). Das Streichen der Schichten lässt sich nicht genau feststellen, es stimmt aber jedenfalls mit demjenigen der Bündnerschiefer (N 35° E) nicht überein.

Die übrigen kleinen Hügel zeigen keine Aufschlüsse. Offenbar handelt es sich zwischen Rhäzüns und Bonaduz um eine Hügel-

landschaft, die grösstenteils von der mächtigen Grundmoräne der Bonaduzer Terrasse eingedeckt worden ist. Nur wenige, darunter der Georgshügel, ragen beträchtlich über diese Terrasse heraus. Von Hügeln, die gänzlich in der Moräne begraben waren und nicht darüber hinausschauten, hat der Hinterrhein mehrere angeschnitten (Schlosshügel Rhäzüns, Malmsporn, Sporn von Isla, sowie auch die Sporne von Nundraus, s. u.). Alle diese Hügel bestehen aus anstehenden Gesteinen von helvetischer Facies und bilden wohl die Überreste eines zersägten und gänzlich zerstückelten breiten Felsriegels an der Einmündung des Hinterrheintales ins Vorderrheintal.

7. Das Versamer Tobel und die vermuteten anstehenden Felsen im Flimser Bergsturz.

Bevor wir die Schilderung der Lokalbeobachtungen im Tal des Hinterrhein fortsetzen, müssen wir uns noch nach andern weiter westlich gelegenen Aufschlüssen von helvetischen Gesteinen umsehen. Von den Anrissen in Trias und Verrucano am Vorderrhein oberhalb Reichenau wollen wir fürs erste absehen und die Beobachtungen mitteilen, die der eine von uns im Versamer Tobel und Val Sourda gemacht hat.

Das Versamer Tobel mündet 6 km westlich von Reichenau in den Vorderrhein. Es durchbricht bis 1,5 km südlich der Versamer Brücke südfallende Bündnerschiefer. Die Sohle der Schlucht liegt unter der Brücke bei ca. 630 m. Von der Brücke an durchschneidet das Tobel auf 1,25 km Länge zum Flimser Bergsturz gehörende Malmmassen, die im einzelnen manchmal anstehendem Fels sehr ähnlich sehen, so z. B. auch an der malerischen Poststrasse östlich der Versamer Brücke. Der Flimser Bergsturz sandte seine Ausläufer noch weiter ins Versamer Tal hinein. Die letzten Reste davon liegen 2,5 km vom Vorderrhein entfernt. Die Brücke selbst ist an einer Stelle errichtet, wo beidseitig aus den brüchigen Bergsturzmassen Riffe von anstehendem Fels herausragen. Theobald[1], Alb. Heim[2] und Rothpletz[3]) haben sich mit der Bestimmung dieser Gesteine bereits befasst. Wir sind nun zu dem Schluss gelangt, dass diese Riffe bei der Brücke über das Versamer Tobel ausschliesslich zum Bündnerschiefer zu rechnen sind. Die

[1]) G. Theobald. Zur Kenntnis des Bündner Schiefers. Jahresber. d. Natf. Ges. Graub., 1860, pag. 23, speziell pag. 35 f. u. Taf. 1, Fig. 2.

[2]) Alb. Heim. Loc. cit. Beitr. XXV, pag 290, 1891.

[3]) A. Rothpletz. Über das Alter der Bündner Schiefer. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 1895 (pag. 1) pag. 51.

Schichten fallen mit verschiedenen Abweichungen gegen SSE, wie die grosse Masse der Schiefer an den höheren Abhängen.

1,5 km nordöstlich der Versamer Brücke, im Gebiet des Flimser Bergsturzes liegt das Val Sourda mit seiner schon Theobald[1]) bekannten Schichtreihe von Dogger und Malm. In jüngster Zeit wurde diese Lokalität von C. Schmidt[2]) wieder erwähnt. Alb. Heim und W. Staub besuchten diese Stelle und gelangten zu dem Schluss, dass hier kein anstehender Fels vorhanden sei, wie die oben genannten Autoren glaubten, sondern dass es sich lediglich um einen stratigraphisch mehr oder weniger geordneten Schwarm von Doggerblöcken im Flimser Bergsturz handle. (Die Ausbildungsweise und Metamorphose der Gesteine zeigt allerdings Ähnlichkeit mit den Vorkommnissen von Dogger am Hinterrhein.) Der Eisenoolith ist zeitweise auf Eisen ausgebeutet worden. Ob es sich hier etwa um aufgeschürfte Massen handelt?

Nach dem Gesagten ist somit keine Hoffnung mehr vorhanden, anstehende Felsen mit Dogger und Malm in helvetischer Facies im Bereich des Flimser Bergsturzes zwischen Versam und Bonaduz zu finden.

8. Das Rheinbord zwischen Rhäzüns und Nundraus.

Nach dieser Abschweifung kehren wir ans Ufer des Hinterrheins zurück und verfolgen die am Flusse auftretenden Felsen weiter gegen Süden.

Einige hundert Meter südlich des Rhäzünser Schlosshügels beginnt Bündnerschiefer anzustehen. Er besitzt die gleiche Gesteinsbeschaffenheit wie oben an der Strasse zwischen Rhäzüns und Rotenbrunnen. Es ist ein kieselig-kalkiger, mehr oder weniger tonreicher Schiefer, der durchweg marmorisiert ist. Bald könnte man das Gestein einen plattigen Kieselkalk nennen, bald einen sandigen, kalkarmen Tonschiefer. Angewittert zeigt er stets eine graue Farbe und lässt sich leicht von den braunen und schwarzen Doggergesteinen der Rhäzünser Hügel unterscheiden. Die Schichtlage ist trotz vielen sekundären Fältelungen im allgemeinen sehr konstant. Das Streichen ist ENE gerichtet und das Fallen beträgt 40—60° gegen S und SE.

Der Bündnerschiefer ist am Rheinufer gegen Süden bis südlich unterhalb Punkt 669,8 ununterbrochen anstehend. Aus ihm besteht der Hügel von Tarmuz und die Terrasse von Runcaglia. Weiter südwärts folgt ein Unterbruch (Grundmoräne der Terrasse von Nundraus).

[1]) G. Theobald. Loc. cit. 1860, pag. 32—34.

[2]) C. Schmidt. Über die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen. Eclogae geol. Helv. IX, pag. 573, 1907.

9. Die Sporne von Nundraus.

Nachdem man den Bündnerschiefer verlassen und die daran anschliessende Grundmoränennische gequert hat, gelangt man zunächst zum ersten nördlichen Felssporn von Nundraus. Er besteht aus zwei durch Grundmoräne von einander getrennten anstehenden Schichtkomplexen. Von Norden her kommend trifft man (vgl. Fig. 2):

1. Unterer Dogger, vorwiegend bankiger Eisensandstein, 15 m.

2. Unterer Dogger, vorwiegend schwarze Tonschiefer. Streichen N 30° E, Fallen ca. 45° NW, über 30 m.

3. Grundmoräne bis zum Talboden.

4. Schiefriger Eisensandstein und sandige Tonschiefer des unteren Doggers, im Wald am Abhang ca. 25 m über dem Fluss.

5. Graue, violette, schwarze, grünliche und gelbliche Tonschiefer mit Einlagerungen von Sandstein und Dolomitbreccien, ca. 20 m, = Quartenschiefer. Streichen (gleich wie bei 2), N 30° E, Fallen am Rheinufer 45° NW.

Wendet man sich westwärts um den Schiefervorsprung herum, so bemerkt man, dass sich die Quartenschiefer etwas verflachen, dann auf ca. 15 m unter Moräne weit verschwinden, um schliesslich westlich nochmals hervorzukommen, jedoch mit N 60° W-Streichen und 45—60° NE-Fallen.

Das genaue Profil ist in Fig. 6 wiedergegeben. Von SW gegen NE folgen:

1. Grundmoräne mit reichlichen, vorwiegend gerundeten Geschieben und kleinen, eckigen Blöcken. Auffallenderweise finden sich neben Gesteinen des Albula, Oberhalbsteins und des Schams helvetischer Verrucano des Vorderrheintals und nicht selten gekritzte Geschiebe und kleine Blöcke von grauem Malmkalk.

2. Blöcke von rostig angewittertem Eisensandstein mit schwarzen Tonschieferlagen.

3. Blockwerk von Eisensandstein des untern Dogger.

4. Magnetit-Chloritschiefer (= Eisenoolith) mit kleinen Kalklinsen.

5. Schiltkalk.

3—5 bilden einen grossen Einschluss in der Moräne, der an seinem Ausgehenden 3,5—4 m hoch und 6,5 m lang ist. Rings um diesen Block herum ist die Moräne sichtbar, so auch im Liegenden. Wenn auch die einzelnen Schichten nicht schwer zu erkennen und abzugrenzen sind, so ist das ganze Paket doch innerlich gelockert und zerfällt in Blöcke. Es handelt sich hier offenbar um einen in die Moräne hineingearbeiteten Block, der aus nächster Nähe stammt. Bei längerem Transport in der Moräne wäre er sicherlich in kleine Blöcke zerfallen.

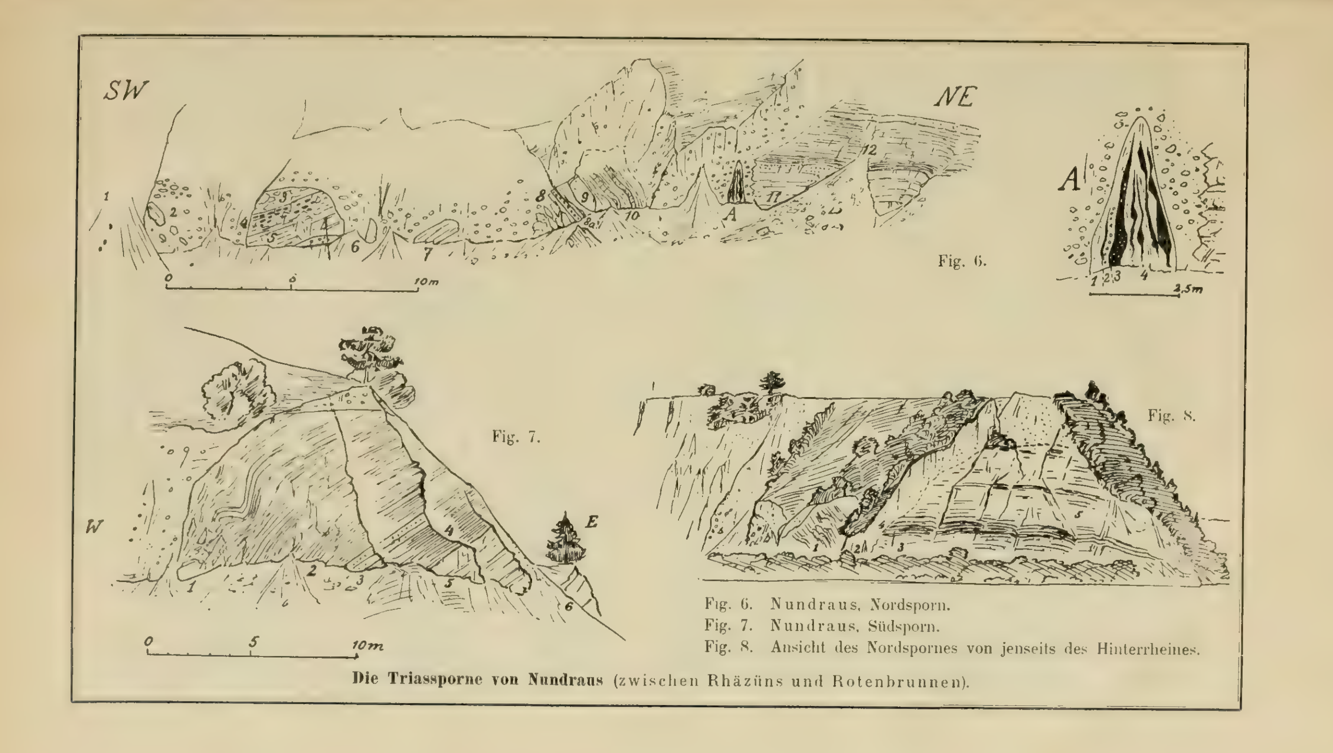


Fig. 6. Nundraus, Nordsporn.
Fig. 7. Nundraus, Südsporn.
Fig. 8. Ansicht des Nordspornes von jenseits des Hinterrheines.

Die Triassporne von Nundraus (zwischen Rhäzüns und Rotenbrunnen).

6. Block von grünlichem, schriefrigem Quarzit, wahrscheinlich obere Trias.

7. Block von hellem, sericitischem Quartenschiefer (obere Trias); 0,8 × 1 m.

8. Rostiger Sandstein mit hellgrünlichen, sericitischen Schiefereinlagerungen. In Blöcke aufgelöste Partie von 3 m Mächtigkeit, die das Anstehende gegen die Moräne abgrenzt (= Sandstein der Quartenschiefer).

8 a. Kalk-Dolomitbreccie mit Sandsteingrundmasse, ca. 60 cm.

9. Quarzit, dünnschiefrig, hell weisslichgelb, mit rötlichen Körnern; 1,5 m.

10. Bunte sericitische Tonschiefer (Quartenschiefer); violett, weiss, grünlich, mit Dolomiteinlagerungen; 7—8 m. N 60° W, 45—60° N E fallend. Es folgt wieder Moräne.

8—10 ist wahrscheinlich eine anstehende Partie.

In der Moräne liegt ein unter A in grösserem Masstab skizzierter Einschluss von hellem und schwarzem Quartenschiefer mit Breccie, der unten eine Breite von 2,05 m, gegen oben sich verschmälert und schliesslich bei 4,5 m Höhe stumpf endigt. Die einzelnen Bestandteile dieses sonderbaren, in Moräne hineingearbeiteten Schichtpakets sind:

A_1. Rostiger Sandstein, schiefrig; ähnlich dem untern Dogger mit hineingepressten Moränegeschieben und Quarzknöllchen; bis 30 cm.

A_2. Rostig verwitternde Breccie von Dolomit und Kalk, 15 cm (= obere Trias).

A_3. Schwarzer zerfallender Tonschiefer, mit kleinen gerundeten oder eckigen Quarzeinschlüssen, 17 cm.

A_4. Gelbliche bis grünlichweisse Quartenschiefer, gänzlich zerdrückt, mit Einlagerungen von tintenschwarzen Tonschiefern, 1,3 m. Rechts trennt eine Moränenpartie von $^1/_2$ m Mächtigkeit diesen Einschluss vom anstehenden Quartenschiefersandstein. Im allgemeinen enthält die Moräne höchstens kopfgrosse, gerundete Geschiebe in sandig-toniger Grundmasse.

11. Braun anwitternder Sandstein mit Einlagerungen von sandiger Dolomitbreccie, 3,5—4 m; mit ca. 30° gegen NW fallend.

12. Graue glatte Tonschiefer, mit einzelnen Sandsteinlagen, 5 m.

13. Grauer Quarzsandstein, ohne Kalkeinschlüsse; bräunlich anwitternd, ca. 2 m.

Darüber liegen wiederum graue und gelbliche Tonschiefer, die alle sericitisch sind und am Rheinufer N 20—30° E streichen und

mit 45° gegen NW fallen. Die Mächtigkeit der Sandsteine und Schiefer beträgt ungefähr 20 m (= oben S. 37, Nr. 5).

Fig. 8 gibt einen Überblick über diesen Schieferfelsen. Bei 1 ist der Schieferfelsen von Nr. 8—10 des vorigen Profils zu sehen; 2 stellt den Schiefereinschluss (A) dar, bei 3 folgen die Sandsteine, bei 4 die grauen Tonschiefer, bei 5 die gelblichen sericitischen Quartenschiefer.

Das Vorhandensein von Dogger in helvetischer Facies und zwar nördlich des Sporns in grossen anstehenden Felsen und östlich des Sporns in Form von Einschlüssen nahe an der Basis der Moräne, deren Habitus auf nur kurzen Transport schliessen lässt, beweist die Zugehörigkeit der Trias von Nundraus zur helvetischen Zone.

400 m südlich dieses Spornes erscheint ein zweiter Felsvorsprung am Rande der Moränenterrasse, wir wollen ihn kurz den Südsporn von Nundraus nennen. Auch er besteht, wie schon die früheren Arbeiten zeigten, aus Trias. Während im Nordsporn nur der Quartenschieferhorizont entblösst ist, erscheint hier noch eine kleine Partie von Dolomit, die allerdings durch Steinbrucharbeiten für die Rheinkorrektion bedeutend reduziert worden ist.

Das Detailprofil Fig. 7, das auf der Südseite des Spornes aufgenommen ist, zeigt von Westen gegen Osten:

Zunächst Grundmoräne mit wenig gekritzten Geschieben, darunter auch hier noch helvetischer Malm und Schiltkalk, der von Norden her gekommen sein muss. Sodann:

1. Schiefer = 2; in lockere Blöcke aufgelöst, 0,9—1 m. Die Kontaktfläche mit der Moräne streicht N 10° E und fällt 80° (— 90°) gegen Westen.

2. Bunte Quartenschiefer, weisslich bis grünlich, grau bis schwarz, trübviolett, sericitisch; häufig stark sandig, stellenweise unbedeutende Sandsteinlagen, 8 m. Streichen N 45° E; Fallen 40 bis 50° NW.

3. Dünnbankiger, grauer, bräunlich anwitternder Sandstein, stark sericitisch, mit Einschlüssen (Breccie) von grauem Kalk (bis 4 × 1 cm); 1,2—1,5 m.

4. Grauvioletter Quartenschiefer, zu unterst hellgrünlich, mit Linsen von Dolomit, 1,7—2 m.

5. Weissgrauer Dolomit, 1,1 m grobe kompakte Bänke; 1,3 m, dünnschichtig; 1,5 m, gelblich bis rötlichgrau; zusammen ca. 4 m.

6. Gelockerter Dolomit, 1,5 m. Streichen N 25° E, Fallen 35—40° NW.

Die Schichtstellung ist somit dieselbe wie am Nordsporn und steht im schärfsten Gegensatz zu den allgemein SE fallenden

Bündnerschiefern, die bis auf 200 m Distanz (an der Strasse) an diese Trias heranrücken. Die Ausbildung der Trias stimmt mit derjenigen am Nordsporn durchaus überein. Wenn auch der Dogger hier nicht vorhanden ist, so unterliegt es keinem Zweifel, dass auch der Südsporn von Nundraus aus den genannten Gründen zur helvetischen Zone gehört.

10. Die Triasfelsen von Pardisla und Rodels im Domleschg.

Südlich der Lokalität Nundraus folgt die Talenge von Rotenbrunnen, in der die Bündnerschiefer beidseitig bis zum Talboden herunterkommen. Oberhalb von Rotenbrunnen weichen die Gehänge wieder auseinander. Währenddem auf der linken Talseite eine ausgehnte Moränenbedeckung das Anstehende um Realta weithin verhüllt, bleibt auf der rechten Seite der Bündnerschiefer von Rotenbrunnen bis gegen Rodels am Steilrand der bis 200 m hohen Felsrippe von Ortenstein-Alt Sins sichtbar. Im allgemeinen fallen die Schiefer, deren Gesteinshabitus stets derselbe ist (siehe pag. 36), mehr oder weniger steil gegen S E und S S E ein, liegen auch ab und zu wie z. B. beim Schloss Ortenstein horizontal. Keinerlei Einlagerungen von Breccien, Echinodermenkalken oder bunten Schiefern sind uns zu Gesicht gekommen. Von irgendwelchen Gesteinen der Klippendecke, die hier nach C. Schmidt wurzeln sollte, ist gar nichts zu sehen.

Bei Pardisla (2 km südlich von Rotenbrunnen) und nördlich davon liegt vor dem Felsabsturz von Ortenstein ein bis 30 m hoher, hügeliger, terrassenförmiger Rest einer Grundmoräne, der bei Pardisla (671 m) spornförmig in die Alluvionsebene des Domleschg vorspringt. Dieser Sporn verdankt seine Entstehung einem Kern von anstehendem Fels. Es sind jedoch keine Bündnerschiefer, sondern, wie schon Theobald wusste, ähnliche Gesteine, wie in den Spornen von Nundraus. Während die Nordwestecke des Vorsprunges von Pardisla keine Aufschlüsse zeigt, ist auf der West- und Südseite der Fels völlig entblösst. Zu oberst liegt eine bis 5 m mächtige Moränendecke, die auf der Südseite stellenweise 10 m weit hinunterreicht und jedenfalls einst den ganzen Felskopf eingehüllt hatte. Östlich des Vorsprunges, d. h. bei den Häusern von Pardisla selbst, reicht die Moräne bis zum Talboden.

Die Schichten fallen in diesem Sporne von Pardisla sehr unregelmässig gegen S E und E S E, lokal auch gegen Westen.

Von oben nach unten folgen:

1. Weissgelber Dolomit, marmorisiert, schiefrig, 12–15 m. Streichen N 10° E; Fallen 30—45° E S E.

2. Bunte Quartenschiefer, graue, gelbliche, grüne, schwarze und violette Sericitschiefer mit Sandsteineinlagerungen. Sie zeigen kleine, scharfe N S streichende Sekundärfalten. Ca. 17 m.

Zu unterst liegen sericitische Quarzsandsteinbänke, darüber 3 m violette Schiefer.

3. Im Schutt auf der West- und Nordwestseite liegen Dolomit, bunte Schiefer, ferner Breccien und grünlicher, chloritisch-sericitischer Sandstein, der dem Verrucano ähnlich sieht, aber aus den Quartenschiefern stammen dürfte.

Rothpletz[1]) hielt diese Schiefer für Sernifit und betrachtete die Lagerung als normal. Unseres Erachtens hatte aber Theobald Recht, wenn er diese Gesteine mit den Schiefern von Nundraus und vom Georgshügel verglich. Auch Heim hatte in der oben zitierten Manuskriptkarte Trias angegeben. Es handelt sich wohl um eine verkehrte Partie von Rötidolomit und Quartenschiefern, deren Schichtlage nicht mit derjenigen der Bündnerschiefer übereinstimmt. Ähnlich, wie die Felsen von Rhäzüns, finden sich auch hier, nur in viel kleinerer Ausbildung, Querfalten.

Dass der Felsen von Pardisla noch zur helvetischen Zone gehöre, lässt sich leider nicht direkt beweisen. Dass er dagegen die normale Basis der Bündnerschiefer bilde, ist fast völlig ausgeschlossen. Bei der starken Verfaltung der Bündnerschiefer müsste man Antiklinalkerne oder Fetzen von Trias auch noch seitwärts an den Abhängen und höher oben finden. Das Bündnerschiefergebiet des Domleschg ist aber völlig frei von Trias, und man muss aufwärts bis zur Solisbrücke im Schynpass wandern, um wieder Triasdolomit und bunte Schiefer zu Gesicht zu bekommen, die aber nicht mehr zu den Schyn-Viamalaschiefern, sondern zu einer Decke gehören. H. Meyer[2]) rechnet sie zu seiner Zone der obern Breccie und stellt sie in die Brecciendecke. Jedenfalls steht die Trias des Domleschg, wie sie uns in den Felsen von Pardisla und Rodels erhalten geblieben ist, mit derjenigen des Schynpasses in keinem Zusammenhang.

Es bleibt somit noch die Annahme, die Trias von Pardisla gehöre zur helvetischen Zone. Hiefür sprechen folgende Umstände:

---

[1]) Rothpletz. Geologische Alpenforschungen I. Das Grenzgebiet zwischen den Ost- und Westalpen und die rhätische Überschiebung. München 1900, pag. 31—32.

[2]) Herm. Meyer. Geologische Untersuchungen am Nordostrande des Surettamassives im südlichen Graubünden. Ber. d. naturf. Ges. Freiburg i. B. XVII, pag. 130, speziell pag. 146, 1909.

1. Die Trias von Pardisla zeigt die gleiche Ausbildung, wie diejenigen von Nundraus und am St. Georgshügel. Auch hier sind die charakteristischen Breccien des Quartenschieferhorizontes vorhanden.

2. Der Zusammenhang zwischen Trias und Bündnerschiefern fehlt an beiden Orten vollständig.

3. Die eigentümlichen Querfalten der helvetischen Zone von Rhäzüns besitzen in Pardisla ein Analogon in Form von auffallenden NNW—SSE streichenden, zum Teil sehr scharfen Querfalten. Innerhalb der Bündnerschieferzone der Nachbarschaft ist von derartigen Querfalten nichts zu sehen.

Während bei Nundraus der Unterschied in der Stellung der Trias gegenüber den Bündnerschiefern sehr gross (ca. 90°) ist und ausserdem noch helvetischer Dogger mit der Trias zusammen vorkommt, differiert hier der Fallwinkel der Triasschichten gegenüber dem der Bündnerschiefer nur um ca. 15—20° und der Dogger fehlt vollständig.

Nach all dem Gesagten gelangen wir zu dem Schluss, dass der Felsen von Pardisla wahrscheinlich noch zur helvetischen Zone gehört.

Noch schlimmer steht es mit der Beurteilung des isolierten Felsens Tomba bei Rodels, der sich 1,9 km südlich von Pardisla aus der Alluvionsebene des Domleschg erhebt. Er liegt rechts des Rheines in der Nähe der Strassenbrücke, gegenüber der Bahnstation von Rodels-Realta. Als scharfer, heute nur noch ca. 12 m hoher Zahn, ragt er aus dem Weidengebüsch hervor. Er dient auch heute noch als Steinbruch und war früher jedenfalls bedeutend grösser. Vielleicht zeigte er damals oberflächlich ein anderes Schichtfallen als heute. So spricht Theobald (loc. cit. 1860) von westlichem Einfallen, während wir gegenwärtig Nordostfallen konstatieren können.

Das Gestein des Tomba von Rodels ist ein sericitischer sandiger Tonschiefer bis Sandstein von rostiggelblicher Anwitterungsfarbe. Die Schichtung fällt im allgemeinen gegen Nordosten, das Ganze erscheint aber besonders oberflächlich als ein wirres Haufwerk halbgelockerter Blöcke. Man würde ihn wohl als Rest eines grossen Bergsturzes ansehen, wenn man seine Heimat an den Gehängen nachweisen könnte. Da aber ringsum nur Bündnerschiefer anstehen, so muss man diesen Zeugenberg wohl oder übel als gewachsenen Felsen betrachten.

Das Gestein zeigt grosse Ähnlichkeit mit dem Schiefer von Pardisla und Nundraus und ist ohne Zweifel der Trias zuzurechnen.

Rothpletz (loc. cit. 1900, pag. 32) schildert diesen Felsen sehr treffend. Wir können ihm jedoch nicht zustimmen, wenn er das Gestein einen quarzitisch-sericitischen Gneis nennt. Die Moräne, die nach Rothpletz das Blockwerk bedecken soll, ist heute verschwunden.

Es wäre jedenfalls gewagt, an diesen Felsen weitgehende Schlüsse zu knüpfen. Wenn auch das Gestein das gleiche ist wie bei Pardisla und Nundraus, und die Schichtlage wie bei Nundraus, gegenüber den Bündnerschiefern als ganz wiedersinnig erscheint, so muss doch die Frage, ob dieser Zeuge zur helvetischen Zone oder zu den Bündnerschiefern gehöre, offen gelassen werden.

III. Die Tektonik der helvetischen Zone von Bonaduz und Rhäzüns.

1. Die lokale Tektonik.

Obschon die einzelnen Hügel und Aufschlüsse der im vorhergehenden Abschnitt geschilderten helvetischen Zone von Bonaduz und Rhäzüns keine direkten Zusammenhänge aufweisen, kann man doch an der ehemaligen Einheitlichkeit dieser Region nicht zweifeln. Der Verrucano von Plazes bildet das tiefste Glied der Schichtreihe und daran schliessen sich, allerdings ohne direkt sichtbaren Kontakt Trias, Dogger und unterer Malm in helvetischer Facies. Im Domleschg tritt bei Pardisla und Rodels nochmals Trias vom Habitus derjenigen von Nundraus auf, die — wenigstens der Sporn von Pardisla — wahrscheinlich auch noch der helvetischen Schichtreihe angehören.

Gegenüber den Angaben von Rothpletz[1]) stellten wir in Übereinstimmung mit anderen Autoren (Heim, Piperoff) fest, dass der Rötidolomit bei Reichenau zum Bergsturz des Kunkelspasses gehört und somit nicht das Hangende des Verrucanos von Plazes darstellt[2]), ferner dass im Domleschg kein Verrucano und kein Gneis, sondern nur Triasschiefer und Dolomit zu Tage treten.

Im Versamer Tobel und im Bergsturzgebiet zwischen diesem Einschnitte und Bonaduz sind keine anstehenden Felsen von helvetischer Facies vorhanden. Unter der Versamer Brücke ist nur Bündnerschiefer anstehend, und die Schichtserie mit helvetischer Facies im Val Sourda ist zum Bergsturz zu rechnen (siehe oben, pag 36).

Alle die geschilderten Felsen und Hügel am Hinterrhein sind als durchweg anstehend zu betrachten, mag man auch beim ersten

[1]) Rothpletz. Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen nebst Anhang über die sog. Glarner Doppelfalte. Stuttgart 1894, pag. 235 f. — Ferner: Das geotektonische Problem der Glarneralpen. Jena 1898, pag. 163, Taf. IX, Fig. 25.

[2]) Vgl. W. Staub, loc. cit.

Anblick hie und da (z. B. beim Sporn von Isla und Plazes) versucht sein, an Überreste grosser Bergstürze oder mächtiger darin schwimmender Schollen zu denken, da manchmal die Gesteinsmassen stark gelockert sind. Neben intensiven tektonischen Störungen hat diese heute in Hügel aufgelöste helvetische Zone eine intensive Bearbeitung durch die Gletscher und Schmelzwasserflüsse und wenigstens teilweise den mächtigen Anprall riesenhafter Bergstürze erfahren.

Schon aus den früheren Publikationen, ganz besonders aus der Schilderung, die Heim von dem Talstück ob Reichenau und Bonaduz gibt, geht die meistens abnorme, gegenüber den eigentlichen Bündnerschiefern widersinnige Schichtstellung in den beschriebenen Felsen am Hinterrhein deutlich hervor. So fallen die Schichten an den Spornen von Isla, von Plazes und Nundraus (und auch am Felsen Tomba bei Rodels) gegen NW mit etwelchen Variationen. Neben dieser sehr wesentlichen tektonischen Eigentümlichkeit ist eine weitere, bisher nicht bekannte, hinzuzufügen, nämlich das Vorhandensein von N–S bis NW–SE streichenden grösseren und kleineren Querfalten an den Felsen von Rhäzüns (Schlossfelsen und sogen. Malmsporn) und Pardisla im Domleschg. Diese beiden auffallenden Merkmale sind durchaus an die helvetische Zone gebunden und fehlen im Bereiche der benachbarten Bündnerschiefer.

2. Die tektonische Stellung der helvetischen Region von Bonaduz zum Aarmassiv und zu den helvetischen Decken.

a) *Allgemeines.*

Nach keiner Himmelsrichtung steht die geschilderte Hügel- und Spornlandschaft von Bonaduz-Rhäzüns mit den benachbarten Zonen in direkt sichtbarem Zusammenhange, weder mit den Bündnerschiefern, wie früher vielfach angenommen wurde, noch mit dem autochthonen Sedimentmantel des Aarmassivs bei Tamins. Da hier im Vorderrheintal nach der allgemein herrschenden Ansicht die helvetischen Decken irgendwie wurzeln müssen, wäre es sehr wichtig, die genaue tektonische Stellung dieser Zone zu kennen.

Die Untersuchung der einzelnen geschilderten Profile nach ihrer Facies kann in diesem Falle einzig zu sicheren Schlüssen führen.

Die hier auftretenden Stufen Trias, Dogger und Malm sind nach ihrer verschiedenartigen Facies in den einzelnen Decken und im Autochthonen noch nicht so genau geschildert worden, wie die Kreide, wenn auch die Profile von J. Oberholzer[1]) in seiner trefflichen, vor-

[1]) J. Oberholzer. Die Überfaltungsdecken auf der Westseite des Linthtales. Eclogae geol. Helv. X. pag. 531. 1908.

läufigen Publikation viele Anhaltspunkte geben. Wir haben daher, wenn auch nur rasch und oft etwas flüchtig, die Profile an der goldenen Sonne am Calanda, ferner bei Vättis besucht; Herr Oberholzer in Glarus hatte die grosse Freundlichkeit, den einen von uns zu einem ausgezeichneten Profil des Dogger der Glarnerdecke bei Glarus zu führen, wofür ihm auch an dieser Stelle der herzlichste Dank ausgesprochen sei und schliesslich lernten wir den Dogger und die Trias der Mürtschendecke an der Südostecke des Mürtschenstocks genauer kennen. Die höheren Decken, Axendecke und Säntisdecke sind von Arn. Heim[1]) und J. Oberholzer geschildert worden, kommen übrigens in diesem Falle nicht in Frage.

Die einzelnen Formationen vom Verrucano bis Malm haben jedenfalls, soviel steht schon heute fest, sehr verschiedenen Wert für tektonisch-facielle Untersuchungen.

Der Verrucano in seiner roten, häufig grob konglomeratischen Varietät ist den nördlich absteigenden Teilen der Glarnerdecken eigen; auf der Kulminationshöhe der Decken, sowie auch auf der Südabdachung sieht er wesentlich anders aus. Der Verrucano-Konglomeratgneis von Ilanz und die grünen chloritischen Paraschiefer der Ringel-Segnesgruppe sind wohl nur sehr schwierig mit den weniger metamorphen Typen des Sernifits im Weisstannental und des Sarganserlandes zu vergleichen. Nördlich von Tamins tritt steil gestellter, schiefrig-plattiger Verrucano des autochthonen Reviers auf. Es ist ein grüner, sericitreicher Paraschiefer, der sich auch in den Sturzmassen des Ils Aults südlich von Reichenau wiederfindet. Anderes Aussehen besitzt der sogen. Verrucano unmittelbar bei Tamins (im Lavoytobel) und am Sporn von Plazes. Dort ist er weniger schiefrig und scheint nach allerdings nur oberflächlicher Prüfung meist aus einem Quarzporphyr von grünlicher Farbe hervorgegangen zu sein.

Auch die Trias bietet nur wenige sichere Anhaltspunkte. Das Auftreten oder Fehlen von Quartenschiefern zeigt sowohl im Autochthonen als in den Decken, soviel man weiss, keine Gesetzmässigkeit. Die Mächtigkeit und Beschaffenheit (Farbe) des Rötidolomits kann nicht massgebend sein, und die basalen Sandsteine oder Quarzite sind mehr oder weniger überall vorhanden. Einzig das Auftreten von mächtiger dolomitischer Rauchwacke scheint an die Mürtschendecke gebunden zu sein[2]).

Der Lias gibt ein sehr gutes Unterscheidungsmerkmal für die einzelnen Decken oder Deckengruppen ab. In den oberen Decken ist

---

[1]) Arn. Heim. Das Walenseetal. Ber. üb. d. XXXX. Vers. d. Oberrhein. geol. Ver. zu Lindau 1907.

[2]) z. B. am Mürtschenstock.

er mächtig entwickelt, ganz besonders in der Axen- und Säntisdecke in den Kantonen Glarus und St. Gallen. Er fehlt der Mürtschen- und Glarnerdecke vollständig. Über sein Vorhandensein oder Fehlen in der autochthonen Region ist noch wenig sicheres publiziert worden. In den Profilen von Tamins und an der goldenen Sonne am Calanda fehlt er vollständig, dagegen ist er bei Vättis neuerdings von Herrn Tolwinski aufgefunden worden.

Sehr mannigfaltige Ausbildung zeigt auch der Dogger. Ganz ähnliche Facies, besonders Mächtigkeitsdifferenzen, wie zwischen Engelberg und Meiringen[1]) scheint der braune Jura auch innerhalb der Glarner Überfaltungen aufzuweisen, wie aus der zitierten Arbeit von J. Oberholzer zu ersehen ist und wie uns die raschen Besuche der verschiedenen Profile zeigten. Der Dogger kommt daher für die Bestimmung der Facieszugehörigkeit der Bonaduzerregion in erster Linie in Frage.

Vom Malm ist innerhalb marmorisierter Zonen ohnehin sehr wenig Ausschlaggebendes zu erwarten. Der Schiltkalk ist überdies in der Ostschweiz allen helvetischen Decken eigen und die Oxfordschiefer fehlen durchweg. Eine wesentliche Differenz zwischen der Facies des untern Malm in den Decken und im Autochthonen scheint, soviel bis jetzt bekannt geworden ist, in den Glarner- und St. Galler-Alpen nicht zu bestehen.

b) Das Verhältnis der Region von Bonaduz zur autochthonen Zone des Calanda.

Der nördlichste Punkt unseres Gebietes, wo vortriadische Gesteine (— es ist der sogen. Verrucano von Tamins —) auftreten, liegt westlich unterhalb der durch ihr altes Goldbergwerk bekannten „Goldenen Sonne“ am Calanda nördlich von Ems. Der Rötidolomit steigt mit Südostfallen ein Stück weit den Abhang hinunter. Bei Tschingels biegt er wieder auf und ist von dort an abgewittert. Dieser Verrucano der Goldenen Sonne gehört wohl einem kleinen Gewölbe an, dessen Gewölbeschenkel im Rötidolomit bei Tschingels, in Jura und Kreide aber bei Felsberg vollständig erhalten ist. Bei Pradamal, östlich von Tamins, tritt wiederum Rötidolomit auf, der die Fortsetzung desjenigen der Goldenen Sonne und von Tschingels darstellt. Oberhalb von Pradamal, im Bleiswald bei ca. 850 m erscheint nochmals Dolomit, der nordwärts in den Berg hineinfällt und von Dogger (?) und Malm bedeckt wird. (Vgl. die Karte von Piperoff.)

[1]) P. Arbenz. Zur Geologie des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen. Eclogae geol. Helv. IX, pag. 161, 1907.

Wahrscheinlich gehört auch dieser Dolomit mit dem von Pradamal zusammen zum Hangenden des Verrucano der Goldenen Sonne. Westlich dieser Lokalität gelangt man zu dem ebenen Boden von Girsch, und am Abhang westlich des Girsch und im Lavoytobel stösst man auf ein nordwärts geneigtes und geschlossenes Gewölbe von Trias und Dogger und zum Teil Malm, das im nördlichen Teil schiefrigen grünlichen Verrucano, im südlichen vorwiegend verrucanoartigen Quarzporphyr enthält. Möglicherweise ist dieses Gewölbe mit demjenigen der Goldenen Sonne nicht identisch, da die Trias von Paradamal und des Bleiswald, die zum Südschenkel des Goldenen Sonne-Gewölbes darstellt, vielleicht mit dem Nord- und nicht mit dem Südschenkel des Taminser-Gewölbes in Verbindung gebracht werden muss. Sei dem, wie ihm wolle, so ist doch das Taminser-Gewölbe geschlossen. Es gehört zum Aarmassiv und hat mit der Wurzel der Glarnerdecke nichts zu tun.

Über diesem Gewölbekern türmen sich die mächtigen Kalkmassen des Calanda und des Ringelspitzes auf. Am Calanda oben und im Tale von Vättis kann man zwei grosse liegende Falten oder Schuppen über der normalen, völlig autochthonen Serie von Vättis unterscheiden. Die eine von diesen Falten greift westlich über das Tal von Vättis hinüber und ist im Gelbberg noch erhalten[1]). Die Karte des Calanda von Piperoff zeigt nur eine dieser liegenden Falten an, lässt überhaupt noch manches zu wünschen übrig. Die Synklinale unter der oberen, eigentlichen Calandaschuppe passiert den Grat nordöstlich des Haldensteiner Calandas beim Sattel und Stelli und zieht sich von dort aus mit Eocän als Muldenkern weit gegen Untervaz hinab. Über diese Schuppen hinweg, die sich wohl auch unter dem Ringelspitz und im Flimserstein (vgl. Rothpletz 1898, pag. 155) wiederfinden dürften, ist erst die grosse Glarner Deckenüberschiebung gegangen.

Als Ganzes betrachtet besteht somit der Calanda aus grossen liegenden Falten, die sich vom Mantel des Aarmassives abspalten.

Der Triaszug Tamins-Trins enthält nach Heim bei Trins eine Muldenumbiegung. Das Ganze stellt wohl eine tiefe triasische Mulde dar, zu der auch die Triasschiefer am linken Ufer des Vorderrhein oberhalb Reichenau gehören.

Rechts des Vorderrheines, etwa 2,5 km westlich von Reichenau, erscheint bei der Ruine Wackenau ein merkwürdiger bräunlicher

[1]) Diese Gegend wird demnächst von Herrn Tolwinski in einer Spezialarbeit behandelt werden.

Sedimentgneis, der vorläufig mit den Gesteinen von Tamins kurzweg als Verrucano bezeichnet wurde. Erst östlich von Bonaduz links und rechts des Hinterrheines taucht wieder sog. Verrucano auf. Er sieht demjenigen des unteren Lavoy-Tobels bei Tamins durchaus ähnlich und dürfte grösstenteils ebenfalls Quarzporphyr sein. In der Richtung N–S gemessen besitzt die Bonaduzer Verrucanomasse eine Länge von 1,2 km, bei einer ungefähren Breite (W–E) von ca. 200 m.

In diesen Komplex von vorwiegendem Quarzporphyr von Verrucanohabitus hat Heim die Wurzel der Glarner Südfalte versetzt. Geometrisch ist diese Auffassung durchaus möglich. Sie wurde auch von Schmidt (1907) angenommen. Ein direkter Beweis für oder wider lässt sich aber ohne weiteres nicht erbringen.

Wir wenden uns daher zur Untersuchung der Sedimente und deren Facies, die vielleicht Anhaltspunkte geben können. Zu diesem Zwecke müssen die Profile vor allem des Dogger von Vättis, der Goldenen Sonne und von Bonaduz miteinander verglichen werden.

Was die Mächtigkeiten von Dogger und Trias bei Vättis und am Südhang des Calanda anbelangt, so trifft man nördlich Vättis im Kreuzbachtobel nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Tolwinski und eigenem Augenschein folgendes Dogger-Profil:

1. Schiltkalk.
2. Eisenoolith, 1,5—2 m.
3. Echinodermenbreccie. 5 m.
4. Eisensandstein, 9—10 m.
5. Opalinus-Schiefer, 25 m.

Darunter folgt Lias oder Trias.

An der goldenen Sonne, am Südhang des Calanda ob Felsberg, fanden wir

1. Schiltkalk, 0,6—1 m typisch.
2. Eisenoolith, 1,5 m.
3. Echinodermenbreccie und zugehörige Kalke, 4 m.
4. Eisensandstein und Schiefer unvollkommen aufgeschlossen, mindestens 35 m, wohl über 40 m mächtig.

Die Trias östlich von Tamins im Bleiswald bei 830 m enthält oben helle sericitische Sandsteine mit Einlagerungen von Dolomitbreccien in sandiger Grundmasse. Tonschiefer oder Sericitschiefer vom Typus des Quartenschiefers fehlen hier.

Im Lavoytobel westlich von Tamins liegen zwischen Verrucano (wahrscheinlich geschiefertem Porphyr) und Triasdolomit weissliche bis schwarzgraue Sericitschiefer mit Einlagerungen von dünnen Dolomitbänken, Schichten, die sonst gewöhnlich über dem Dolomit zu liegen pflegen.

Diese autochthonen Profile sind ausgezeichnet durch

1. wechselnde Ausbildung der Trias;
2. grosse Mächtigkeit des untern Dogger (Opalinusschiefer und Eisensandstein), der 70—80 % der ganzen Doggermächtigkeit ausmacht;
3. geringe Mächtigkeit der Echinodermenbreccie (4—5 m) und einem Verhältnis von Eisenoolith zur Echinodermenbreccie wie 1 : 3;
4. Fehlen des Lias in den südlichen Profilen.

Vergleicht man die genannten Profile mit denjenigen der helvetischen Region von Bonaduz und Rhäzüns, so fällt die grosse Übereinstimmung in der Ausbildung des Dogger sofort auf. Die nachfolgende Zusammenstellung mag zur Veranschaulichung dienen.

	Vättis	Gold. Sonne	Isla	Malmsporn	Schloss Rhäzüns
Eisenoolith	1.5-2 m	1,5 m	0,8 m	0,8 m	0,5 (-0,6) m
Echinodermenbreccie	5	4	1,5—2	1,8—2	1,7
Unterer Dogger	35	über 35	—	über 50	50—70 m
Verhältnis der Mächtigkeiten des Eisenooliths zur Echinodermenbreccie	ca. 1 : 3	1 : 2,7	1 : 2,2	1 : 2,4	1 : 3,4

Die absoluten Mächtigkeiten einzelner Stufen geben in so stark gepressten und metamorphen Zonen wie bei Bonaduz selbstverständlich keine sicheren Vergleichspunkte ab. So beträgt die Mächtigkeit des Eisenooliths von Bonaduz etc. nur die Hälfte oder $^1/_3$ derjenigen am Calanda, die der Echinodermenbreccie zwischen $^1/_3$ und $^1/_2$. Mit Ausnahme des stark gestörten Profils bei Rhäzüns erscheint somit die Reduktion in der Echinodermenbreccie etwas intensiver zu sein als im Eisenoolith. Diese Erscheinung ist nicht vereinzelt. Sowohl in Obwalden, als auch im Kanton Glarus (nach gütiger Mitteilung von Herrn Oberholzer) ist der Eisenoolith gegenüber Pressung resistenzfähiger als die kalkige Echinodermenbreccie. Letztere wird ähnlich wie bei Bonaduz rasch bis zur Unkenntlichkeit marmorisiert und verliert offenbar dabei durch chemischen Wegtransport von Kalk und Streckung an Mächtigkeit.

Vergleicht man das Verhältnis der Mächtigkeiten von Eisenoolith zur Echinodermenbreccie, so gelangt man zu Quotienten, die in den 5 Profilen zwischen 1 : 2,2 und 1 : 3,4 variieren, wobei auf die letzte Zahl wenig zu geben ist, da das Profil sehr stark gestört ist.

Aus dieser Zusammenstellung, sowie auch aus den oben gegebenen genaueren Daten geht deutlich hervor, dass die einzelnen Profile der Region von Bonaduz unter sich in keinem wesentlichen Punkte von einander unterscheiden. Die Ausbildung des mittleren und oberen Dogger (Echinodermenbreccie und Eisenoolith) ist überall die gleiche. Sie unterscheidet sich von derjenigen der autochthonen Zone von Vättis und Tamins nur durch geringere Mächtigkeiten. Einzig der untere Dogger besitzt bei Rhäzüns sehr wahrscheinlich primär eine bedeutendere Mächtigkeit als weiter im Norden. Genauere Angaben können aber bei der starken Verfaltung dieser Gesteine unmöglich gegeben werden. Petrographisch besteht dagegen auch im unteren Dogger keine Differenz. Wenn in diesem Niveau Echinodermengesteine (z. B. am Malmsporn) auftreten, so sind es meist nur Eisensandsteine mit mehr oder weniger zahlreich eingesprengten Echinodermen. Solche Gesteine finden sich in der autochthonen Zone, soviel man bis jetzt weiss, in dieser Gegend nicht, sie fehlen aber auch bei Nundraus.

Der Lias fehlt bei Tamins, an der Goldenen Sonne und in den Spornen am Hinterrhein vollständig.

Die im allgemeinen wenig charakteristische Trias enthält im Autochthonen bei Tamins und auch weiter südlich nahe an ihrer oberen Grenze neben gewöhnlichen Sandsteinen auffallende Breccien von Dolomit in einem sandigen Bindemittel.

Somit zeigt die helvetische Schichtreihe der Hügelzone von Bonaduz und Rhäzüns keine wesentlichen Differenzen gegenüber der unmittelbar nördlich davon liegenden autochthonen.

Der kleine scheinbar facielle Sprung, der sich in der verschiedenen Mächtigkeit der Echinodermenbreccie des mittleren Doggers geltend macht, dürfte zum grössten Teil auf stärkere tektonische Reduktion in der Südzone zurückzuführen sein.

Der untere Dogger ist südlich Bonaduz durch eisenschüssige Echinodermengesteine im Niveau des Eisensandsteins ausgezeichnet. In dem Profil von Isla bei Bonaduz ist nur der oberste Teil des unteren Doggers zu sehen. Über das Vorhandensein oder Fehlen von Echinodermengesteinen in diesem Horizont lässt sich somit nichts sagen.

Ganz überraschend ähnlich wie bei Rhäzüns und Bonaduz ist der Dogger der eingeklemmten Mulden von Truns und Disentis entwickelt [1]. An beiden Orten ist kein Lias vorhanden. Was L. Wehrli

[1] Vgl. Leo Wehrli. Das Dioritgebiet von Schlans bei Disentis im Bündner Oberland. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, neue Folge VI. p. 37 ff. 1896.

als Lias bezeichnet, ist ein eisensandsteinführender Schiefer und gehört zum unteren Dogger. Die Echinodermenbreccie ist auch hier häufig zur Unkenntlichkeit marmorisiert, und aus dem Eisenoolith ist ein dunkelgrüner Chloritschiefer geworden. Da diese Profile demnächst von Fr. Weber eingehend geschildert werden, können wir uns mit dieser Bemerkung begnügen.

Auch tektonische Analogien fehlen nicht. Sowohl bei Disentis und bei Truns ganz ähnlich wie bei Bonaduz-Rhäzünz fallen diese Schichten nordwärts resp. nordwestwärts ein. Was diese Mulden in der Gesamttektonik darstellen, das ist aus den bisherigen Schilderungen nicht ersichtlich. Jedenfalls darf man jetzt schon vermuten, dass zwischen Punteglias und der Trunsermulde die Wurzel des überfalteten „Verrucano" der Brigelserhörner stecke und dass die rauchwackereiche Trias von Schlans schon zu einer der grossen helvetischen Decken gehört. Eine derartige Steilstellung, ja Überkippung von Wurzelmulden nach Süden ist in den Alpen keine seltene Erscheinung.

c) Facieller Vergleich mit der Glarnerdecke.

Unter Führung von Herrn J. Oberholzer aus Glarus lernte der eine von uns in der Sturminger Runse und am Wege nach dem Schilt östlich von Glarus das Doggerprofil der Glarnerdecke kennen. Man trifft dort, von oben nach unten, folgende Schichten:

1. Eisenoolith, 1,1—1,2 m.
2. Echinodermenbreccie, 8 m.
3. Unterer Dogger; zusammen, 35—40 m.
    a) Schiefriger, knorriger Eisensandstein und Tonschiefer, 12 m.
    b) Plattig-bankiger Eisensandstein, 12 m.
    c) Tonschiefer, 15 m.
4. Rötidolomit, z. T. mit Einlagerungen von bunten Schiefern.

Gegenüber Bonaduz bestehen einige Unterschiede. Der mittlere Dogger ist mächtiger und verhält sich zum Eisenoolith hier wie 7 : 1. Der untere Dogger ist deutlich gegliedert und durch einen gut geschichteten Komplex von Eisensandstein ausgezeichnet, wie man ihn ziemlich ähnlich bei Rhäzüns und Nundraus auch findet. Echinodermenbreccien des unteren Dogger fehlen, ebenso die Sandsteine und Breccien des Trias.

Im Grossen und Ganzen ist somit weder gegenüber der autochthonen Facies noch gegenüber derjenigen von Bonaduz ein nennenswerter Unterschied. Einzig die am Malmsporn bei Rhäzüns im untern Dogger auftretenden Echinodermenbreccien sind uns weder aus dem Autochthonen noch aus der Glarnerdecke bekannt geworden.

Wir können daher die Frage, ob bei Bonaduz die Glarnerdecke wurzle, nicht definitiv entscheiden. Wir neigen aber zur Ansicht, dass die Glarnerdecke dort nicht vertreten sei. Die auffällige Ähnlichkeit des Taminser Quarzporphyrs, der sicher autochthon ist, mit demjenigen von Plazes, der die Glarner Wurzel sein müsste, spricht für eine Zugehörigkeit der Region von Bonaduz zum Autochthonen.

d) Facieller Vergleich mit der Mürtschendecke.

Zum weiteren Vergleich mag hier noch ein Profil aus der nördlicheren Partie der Mürtschendecke herangezogen werden. Am Südost- und Südabhang des Mürtschenstockes zeigt die Trias und der Dogger von oben nach unten die nachfolgende Zusammensetzung:

1. Eisenoolith 30—40 cm.
2. Echinodermenbreccie, mittlerer Dogger, 2—2,5 m:
   a) Korallen führende Schicht, 20 cm.
   b) Schiefriger, schwachspätiger dunkler Kalk, 1,5 m.
   c) Eigentliche Echinodermenbreccie, zu unterst häufig sandig, 50 cm.
3. Unterer Dogger:
   a) Schiefer mit wenig mächtigen Einlagerungen von Eisensandstein, besonders in der oberen Partie, 4 m.
   b) Eisenschüssige Echinodermenbreccie, durch die braune Farbe und den grossen Reichtum an Fossiltrümmern von 2. gut unterscheidbar, 8 m.
   c) Tonschiefer, vom Habitus der Opalinusschiefer, 6—7 cm.
4. Trias:
   a) Faseriger, gelblichgrauer Kalk, unten mit feinen Sandlagen, ähnlich dem Rhät des Jochpasses, doch ohne Fossilien, 60 cm.
   b) Hellgrauer Quarzsandstein, 3 m.
   c) Graue, gelbe oder rote Tonschiefer, mit dünnen Sandsteineinlagerungen, 5 m.
   d) Hellgrauer grober Quarzsandstein, unten mit Dolomitknollen, 7 m.
   e) Gelbe (dolomitführende), rote, violette und bräunliche Tonschiefer mit Einlagerungen von Dolomitbänken (bis 1 m); Mächtigkeit wechselnd, ca. 10—15 m.
   f) Dolomit, 15 m.
   g) Rauchwacke, ca. 30 m.
   h) Bankiger, mit Mergeln wechsellagernder Dolomit, 10 bis 15 m.

Dieses Profil aus der Mürtschendecke enthält eine Reihe von Unterschieden gegenüber den oben geschilderten Schichtreihen. Die Echinodermenbreccie zeigt (ob nur lokal?) eine sehr schmächtige Entwicklung, lässt aber bei der geringen Metamorphose ein paar Unterabteilungen erkennen, wie sie Tobler [1]) im autochthonen Dogger der Zentralschweiz nachgewiesen hat. Im unteren Dogger ist der Eisensandstein verschwunden. An seine Stelle ist eine eisenschüssige, fossilreiche Echinodermenbreccie getreten, ähnlich wie sie in verschiedenen Deckengebieten der Zentralschweiz (Urirotstock, Jochpass, Frutt) auftritt. In anderen Gegenden, auch in den höheren Decken, fehlt aber der Eisensandstein selten gänzlich. Auch in dieser Decke fehlt der Lias völlig [2]). Der Quartenschiefer-Horizont zeichnet sich an dieser Lokalität durch auffallende graue Quarzitsandsteine aus, und — ein sehr wichtiges Merkmal — unter dem Rötidolomit liegt eine in dieser Decke allgemein verbreitete mächtige Rauchwacke. Offenbar entfernt sich diese Facies von derjenigen am Hinterrhein viel mehr als die der Glarnerdecke.

e) Resultate.

Ein Bild über allfällige Veränderungen der Facies in ein und derselben Decke können wir uns allerdings noch nicht machen. Die Untersuchungen von Herrn J. Oberholzer werden uns darüber erst belehren können. Es mag überhaupt gewagt erscheinen, auf Grund nur so weniger Profile die Frage nach der tektonischen Stellung der Bonaduzerregion zu entscheiden. Doch ist jedenfalls die minime Faciesdifferenz im Dogger der Glarnerdecke, der Bonaduzer Hügel und des eigentlichen Autochthonen feststehend, und an die Verbindung der Bonaduzer Hügel mit der Mürtschendecke oder einer noch höheren kann gar nicht gedacht werden. Alle höheren Decken besitzen viel grössere Mächtigkeiten im Dogger [3]) und führen einen meist mächtigen Lias (Säntisdecke bei Bärschis östlich Walenstadt, Axendecke bei Braunwald im Linthtal). Wenn also eine der genannten

---

[1]) A. Tobler. Über die Gliederung der mesozoischen Sedimente am Nordrand des Aarmassivs. Verh. d. Natf. Ges. Basel, 1897, p. 25.

[2]) Oberholzer (loc. cit. p. 537) zitiert eine Stelle, wo Lias in der Mürtschendecke vorkommen soll; er hält aber die Zugehörigkeit der betreffenden Schichten zur Axendecke für nicht ausgeschlossen.

[3]) Am Fläscherberg und bei Sargans besitzt der mittlere Dogger eine sehr geringe Mächtigkeit. Trotzdem gehören diese Stellen zur Säntisdecke. Gegenüber den tieferen Decken zeichnet sich diese Facies aber durch Fehlen des echten Eisenooliths und Auftreten von Bathonienschiefern aus. Vgl. Lorenz. Monographie des Fläscherberges. Beitr. z. geol. K. d. Schweiz, neue Folge X, p. 6, 1900.

Decken wirklich bei Bonaduz wurzelt, so könnte es nach der Facies einzig die Glarnerdecke sein.

Bedenkt man noch, dass es nicht ausgeschlossen ist, dass sich Mürtschen- und Glarnerdecke in der Wurzelregion vereinigen, somit im Hangenden der gemeinsamen Verrucanowurzel Mürtschenfacies auftreten müsste, so verliert die Annahme einer helvetischen Wurzel in den Hügeln von Bonaduz noch mehr an Wahrscheinlichkeit, da dort keine typischen Merkmale der Mürtschenfacies vorhanden sind.

Ganz sicher lässt sich diese Frage wohl erst dann entscheiden, wenn die petrographische und tektonische Zusammensetzung der grossen Verrucanomasse von Obersaxen-Brigels und Ilanz genauer bekannt sein wird. Dann wird es sich erst sicher sagen lassen, was alles zum Glarner Verrucano gehört.

3. Die Überschiebung der Bündnerschiefer über die helvetische Zone von Rhäzüns.

Schon im Jahre 1891 hat C. Schmidt [1] die Gesteine von Bonaduz als typisch zur helvetischen Facies gehörend aufgefasst. Nach einer eingehenden petrographischen Schilderung der einzelnen Schichten, auf die wir auch hier nochmals ausdrücklich verweisen möchten, fasst Schmidt seine Auffassung pag. 47 folgendermassen zusammen: „Die sämtlichen untersuchten Juragesteine [2]) aus der Gegend von Bonaduz erwiesen sich als durchaus identisch mit den gleichalterigen Bildungen solcher Stellen auf der Nordseite des Aarmassivs, wo die Gesteine durch energische Faltungen ebenfalls stark modifiziert worden sind (z. B. Bützistöckli bei Linthtal, Gebiet der Windgälle, Fernigen etc.). Im ganzen Gebiete der Bündnerschiefer fand ich mit Ausnahme von Echinodermenbreccien nirgends Gesteine, welche sich mit den beschriebenen Gesteinen von Bonaduz vergleichen liessen. Für die Annahme, dass hier die „Bündnerschiefer aus dem untern Jura hervorgehen" [3]), kann ich gemäss dem mir vorliegenden Material, von petrographischem Standpunkte aus keine Anhaltspunkte finden." Schmidt betrachtet also die Bündnerschiefer von Bonaduz als unabhängig von den helvetischen Gesteinen.

[1] C. Schmidt. Beiträge zur Kenntnis der im Gebiete von Blatt XIV der geol. Karte der Schweiz in 1 : 100,000 auftretenden Gesteine. Anhang zur XXV. Lief. d. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, 1891, p. 67.

[2]) Der Schiefer des Argovien über dem Schiltkalk wurde als Oxford bezeichnet. Der untere Dogger (Eisensandsteine und Tonschiefer) wird zum mittleren Dogger gerechnet und als wechsellagernd mit Echinodermenbreccie mit dieser behandelt. Diese Auffassung ist nach unseren Beobachtungen nicht zutreffend. Es handelt sich wirklich um untern Dogger.

[3]) Vgl. Alb. Heim. Geologisches Gutachten zum Projekt K. Moser der Splügenbahn 1890, p. 23; ferner Beiträge, Lief. XXV, p. 294 f., 1891.

1894 gibt Rothpletz [1]) eine Schilderung der Gegend von Reichenau und kritisiert die Ansichten von Heim. Aus seinen Darstellungen geht hervor, dass er von Reichenau bis Rhäzüns in die Tiefe gesunkenes helvetisches Terrain annimmt. Von einem regelmässigen Gewölbe kann aber nicht die Rede sein. Den Ils Aults-Bergsturz sieht er als grösstenteils anstehend an. 1895 kommt Rothpletz wieder auf diese Gegend zu sprechen. Er erkennt die tektonische Unabhängigkeit von Bündnerschiefer und helvetischem Terrain und gelangt zur Annahme einer Bündnerschieferüberschiebung. Er leitet diesen wichtigen Schluss merkwürdigerweise dort ab, wo wir nur Bergsturzmassen sahen, die an Bündnerschiefer angelehnt sind, und da er den Bergsturz mit seinem helvetischen Dogger im Val Sourda und bei der Versamerbrücke als anstehend ansieht, kommt er zu dem in unseren Augen höchst eigenartigen Schluss, dass der Bündnerschiefer auf Bergsturz überschoben sei. Wie schon oben angedeutet wurde, halten wir es für nicht ausgeschlossen, dass diese helvetischen Gesteine teilweise in der Tiefe anstehend sind oder waren und vom Flimserbergsturz aufgeschürft worden sind. Jedenfalls ist diese Ansicht von Rothpletz sehr bedeutsam und vervollständigte die von C. Schmidt zuerst vertretene Ansicht der Unabhängigkeit von Bündnerschiefer und helvetischem Terrain wesentlich.

Rothpletz vervollständigte seine Beobachtungen weiterhin und gibt uns 1898 [2]) viele neue Ableitungen über das Bündnerschieferland neben der Zusammenfassung seiner schon früher geäusserten Ansichten. S. 163 sagt Rothpletz, die Bündnerschiefer liegen bei Nundraus auf Rötidolomit, übersieht aber den Dogger und schliesst trotz der widersinnigen Stellung der Trias bei Nundraus auf einen stratigraphischen Zusammenhang zwischen Bündnerschiefer und Trias. Den Sernifitstreifen rechts des Rheines nimmt er ebenfalls zur Basis der Bündnerschiefer, während er in unseren Augen wahrscheinlich zum Bergsturz gehört, jedenfalls ganz unsicher ist. Der für uns beste Beweis für die Existenz einer Bündnerschieferüberschiebung, der in dem Auftreten von helvetischen Gesteinen bei Nundraus liegt, ist ihm also völlig entgangen. Man darf, wie es scheint, die Stelle von Nundraus nicht ohne weiteres mit dem Piz Mundaun vergleichen.

1900 schildert Rothpletz [3]) noch die Felsen von Pardisla und Rodels und sieht in ihnen, wie in denjenigen von Nundraus die normale

[1]) A. Rothpletz. Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen nebst Anhang über die sog. Glarner Doppelfalte. Stuttgart 1894, p. 233 ff.

[2]) A. Rothpletz. Das geotektonische Problem der Glarner Alpen. Jena 1898; p. 162 ff., ferner p. 42 und 227.

[3]) A. Rothpletz. Geologische Alpenforschungen, I. Das Grenzgebiet zwischen den Ost- und West-Alpen und die rhätische Überschiebung. München 1900, p. 30 ff.

Unterlage der Bündnerschiefer. Wie wir oben dargetan haben, ist die Zugehörigkeit des Spornes von Pardisla zur helvetischen Zone wahrscheinlich. Sichere Beweise fehlen aber. Wie ein kurzer Passus in seinem Werke von 1905 [1] zeigt, glaubt Rothpletz, die Bündnerschiefermassen gehören zu seiner Glarner Schubmasse, was er schon früher vermutet und besonders in der Karte und den Profilen von 1898 zum Ausdruck gebracht hatte, und seien ähnlich wie seine rhätische Schubmasse von Osten nach Westen überschoben worden. Wir erachten einen Ost-Westschub im Grossen als sozusagen unmöglich und den Zusammenhang von Glarnerdecken (auch höheren) mit den Bündnerschiefern als unbewiesen.

C. Schmidt [2]) baute 1907 die Theorie der Bündnerschieferüberschiebung weiter aus. Er kommt zur Annahme einer Narbe tektonischer Natur sowohl im Wallis als auch im Vorderrheintal. Die Wurzeln der helvetischen Decken sollen ganz oder teilweise von den Bündnerschiefern überdeckt worden sein. Für das Wallis hat diese Ansicht Widerspruch gefunden. Für das Vorderrheintal existiert nach unseren Befunden diese Narbe im Sinne von Schmidt für die helvetischen Decken. Ja, wir gehen insofern etwas weiter, als wir die Schichten von Bonaduz eher noch dem südlichsten Gürtel des Autochthonen als zur Wurzel der Glarnerdecke zurechnen, wie Schmidt glaubt. Wir ziehen aber heute eine vorsichtigere Formulierung dieser Ansicht der allzu bestimmten vor, die der eine von uns über die Lage der Wurzel der Glarnerdecke im engern Sinne im vergangenen Jahre gegeben hat [3]. Die Auffassung, die Schmidt in Text und Profilen vertritt, scheint uns einstweilen noch nicht genügend begründet zu sein. Von der Klippen- und Brecciendecke und deren Wurzeln wollen wir ganz absehen und nehmen an, Schmidt werde seine Theorie zunächst noch einlässlicher auseinandersetzen. Wir wollen nur konstatieren, dass in den Bündnerschiefern um Rhäzüns und Rotenbrunnen sicher keine Klippen- und Brecciendecke zu erblicken ist, wie man nach einem Profil in der zitierten Arbeit von Schmidt erwarten sollte.

Aus den obigen detaillierten Schilderungen geht hervor, dass die Bündnerschiefer tatsächlich tektonisch und stratigraphisch von

[1]) A. Rothpletz, Geologische Alpenforschungen, II. Ausdehnung und Herkunft der rhätischen Schubmasse. München 1905, p. 233; vgl. auch loc. cit. 1898, p. 218.

[2]) C. Schmidt, Ueber die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen. Eclogae geol. helv. IX, p. 484, 1907. Speziell p. 553 und 573.

[3]) P. Arbenz, Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal bei Bonaduz und Rhäzüns. Eclogae geol. Helv. X., p. 729, 1909. Verh. d. schweiz. naturf. Ges. 1909, p.

der helvetischen Basis unabhängig sind. Das südlichste Auftreten sicherer helvetischer Schichten liegt bei Nundraus zwischen Rhäzüns und Rotenbrunnen. Die Entdeckung von helvetischem Dogger im Zusammenhang mit der schon früher bekannten Trias lässt keine Zweifel an der Zugehörigkeit dieser Felsen zur helvetischen Zone aufkommen. Die Bündnerschiefer überlagern dort die helvetische Zone ohne Zweifel anormal. Der Überschiebungskontakt ist aber sowohl hier als auch anderwärts in dem untersuchten Gebiete nicht aufgeschlossen. Die Überschiebungsfläche ist jedenfalls nicht eben. Von Norden gegen Süden senkt sie sich zunächst in der Gegend von Rhäzüns bis unter den Talboden, erhebt sich aber bei Nundraus wieder und senkt sich von neuem in der Talenge von Rotenbrunnen bis unter den Rhein. Die Felsen von Nundraus erscheinen demnach als ein helvetisches Fenster in der überschobenen Bündnerschiefermasse.

Da für den Felsen von Pardisla eine Zugehörigkeit zur helvetischen Zone von Nundraus wahrscheinlich erscheint, so müsste das Domleschg als ein noch südlicheres helvetisches Fenster zu deuten sein. Die entscheidenden Beweise für diese Ansicht fehlen aber, wie schon oben pag. 43 ausgeführt wurde.

Die Bündnerschiefer sind somit bei Rhäzüns auf eine Zone überschoben, die nach der Facies zwischen die autochthone Zone und die Wurzel der Mürtschendecke gehört, der ersteren näher steht und vielleicht die Wurzel der Glarnerdecke nicht enthält. Jedenfalls zeigen die Felsen von Nundraus keine Merkmale der Mürtschendecke. Keine einzige Wurzel von helvetischen Decken kann hier mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Wenn auch die direkte Auflagerung der Bündnerschiefer auf die Felsen von Bonaduz und Rhäzüns nicht sichtbar ist, so ist doch nicht anzunehmen, am wenigsten bei Nundraus, dass die gesuchten Wurzeln zwischen den geschilderten Felsen der Basis und den Bündnerschiefern verdeckt vorhanden seien. Die Bündnerschiefer sind hier tatsächlich auf eine relativ nördliche Zone, die nahe ans autochthone Aarmassiv grenzt, z. T. wohl noch zu ihm gehört, überschoben worden und die Wurzeln der meisten helvetischen Decken fehlen.

Heute reichen die Bündnerschiefer bis zu einer Linie Versam-Chur. Die nachweisbare Überschiebung beträgt somit bis Nundraus 2.5—3 km, bis Pardisla, das eventuell in Frage kommt, 6 km.

Wie weit die Bündnerschiefer aber nach Norden gereicht haben, darüber kann man sich einstweilen keine sichere Vorstellung machen. Man wird sowohl im Wallis, als auch in Bünden zur Annahme be-

deutender Überschiebungen geführt. Wollte man aus dem Vordringen der Schiefer nordwärts bis Landquart den Stirnrand der ganzen Masse extrapolieren, so käme man über den Scheitel des Aarmassivs und die Kulminationszone der helvetischen Decken hinaus. Berücksichtigt man aber die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, einer stauenden Wirkung des Aarmassivs, analog den Ausführungen von Argand [1]) über die Wirkung von Montblanc- und Aarmassiv im Wallis, so wird man den Stirnrand in Glarus und Graubünden etwas weiter südwärts zurückversetzen.

Auch im Wallis sind ja die Schistes lustrés auf helvetisches Terrain überschoben und greifen nördlich von Sitten und Siders bedeutend auf die rechte Seite des Rhonetals hinüber. Sie zeigen ob Siders ganz gleichen Habitus wie bei Rhäzüns. Die Schistes lustrés sind dort aber sicher die Umhüllung der penninischen Decken. Diese Auflagerung der Bündnerschiefer auf das helvetische Terrain kann daher kurzweg als penninische Überschiebung bezeichnet werden. Das gleiche lässt sich ohne weiteres auch für Bünden sagen. Die Bündnerschiefer stellen die normalen Sedimenthüllen der Suretta-Tambo-Adula-Decken dar, die ihrerseits von Argand mit den einzelnen penninischen Gneisdecken parallelisiert wurden. Die Überschiebung von Rhäzüns ist somit, wie dies Schmidt bereits auch schon ähnlich ausgesprochen hat, nichts anderes als die penninische Überschiebung.

In der vorläufigen Mitteilung [2]) sind einige Überlegungen betreffend das Gotthardmassiv enthalten. Sie basieren auf der im Blatt XIV der geolog. Karte 1 : 100,000 verzeichneten Zone echter Bündnerschiefer in der Mulde von Curaglia-Tenigerbad und der Überschiebung oder Anschiebung von Sericitgneiss der Medelserschlucht auf und an die helvetische Zone von Disentis-Truns. Im Herbst des vergangenen Jahres machte nun Fr. Weber kurz vor seiner Abreise nach Sumatra dem einen von uns einige Mitteilungen über seine Studien im Somvix und Medels, die alle bisherigen Darstellungen dieser Gegend und die daran geknüpften Folgerungen wesentlich modifizieren. Er bat P. Arbenz, von seinen Angaben Gebrauch zu machen, und wir benützen gerne die Gelegenheit, in seinem Namen hier folgende Bemerkungen einzuflechten.

1. Die Schieferzone Curaglia-Tenigerbad besteht aus Verrucanophyllit, der auch bei Schlans unter dem Rötidolomit auftritt. Das normale Liegende (Quarzporphyr, Conglomeratgneiss, Sericit-

[1]) E. Argand. L'exploration geologique des Alpes Pennines centrales Bull. Soc Vaud. sc. nat. XLV. 1909.

[2]) P. Arbenz, Eclogae, loc. cit. 1909.

gneiss) ist am Piz Muraun, das normale Hangende in der Trias von Curaglia-Somvix-Nadils zu erblicken.

2. Der Ottrelithschiefer von Curaglia repräsentiert den Quartenschiefer. Es liegt also eine regelrechte verkehrte Schichtreihe von Muraun nordwärts vor.
3. Die als Carbon bezeichneten Gesteine der Carvera enthalten in ihrer Verlängerung im Somvix auf der Alp Nadils graue Echinodermenbreccien vom Typus des Lias (oder Dogger). Carbon ist nicht vorhanden. Dieser Lias ist das jüngste Glied der verkehrten Schichtreihe des Somvix und Medels. Gegen unten (Norden) grenzt es mit scharfem Überschiebungskontakt an Conglomeratgneiss der Zone der Medelserschlucht. An dieser Überschiebung sind die Liasgesteine meist enorm zerquetscht worden, so dass eine Verwechslung mit Carbon, besonders da die Echinodermen nicht häufig erkennbar sind, leicht begreiflich ist.

Wir enthalten uns jeglicher Schlussfolgerungen und fügen nur das eine hinzu: Die von P. Arbenz in seiner vorläufigen Mitteilung angedeutete Überschiebung von Sericitgneiss der Medelserschlucht auf die helvetische Zone von Disentis soll natürlich nicht mit der penninischen verwechselt werden. Mit samt dem untertauchenden Gotthardmassiv gelangt sie allerdings unter die Bündnerschiefer. Da die Hügel von Bonaduz die grösste Ähnlichkeit mit der Trunsermulde haben und vielleicht deren Fortsetzung sind, so muss die Überschiebung von Bonaduz-Rhäzüns unter anderm auch diese Disentiser Überschiebung in sich begreifen.

Über die Frage nach dem Alter der Bündnerschiefer des Domleschg und des Prättigau ist schon so viel vermutet worden, dass wir füglich darüber hinweggehen können. Nur sei uns gestattet, über die Entstehung der Rheintalnarbe im Sinne von Schmidt einiges hinzuzufügen.

Das Fehlen von nachweisbaren helvetischen Wurzeln, besonders von Antiklinalkernen der höheren Decken, ist das Hauptcharakteristikum der Bonaduzer Gegend. Die vorhandenen Reste von helvetischen Mulden fallen gegen NW ein, mit anderen Worten, sie sind gegen S oder SE übergekippt. Erst höher oben mögen sie sich aufgerichtet haben. Diese widersinnige Stellung der Muldenenden dürfte im Zusammenhang stehen mit der Fächerstellung des aarmassivischen Untergrundes. Da ja die facielle Untersuchung ergeben hat, dass Bonaduz noch zum Aarmassiv oder höchstens noch zur Glarnerdecke gehöre, erscheint dieser Zusammenhang noch deutlicher. Die Hauptfrage, die sich aber aufdrängt, ist folgende: Wie kommt es, dass die Stiele der Decken nördlich und südlich des Vorderrheines bei

Rheichenau fehlen und dass die Bündnerschiefer auf einer unebenen Überschiebungsfläche auf die südwärts schauenden helvetischen Schichtköpfe bei Rhäzüns und Nundraus überschoben werden konnten?

Nur zwei Möglichkeiten der Erklärung sind vorhanden. Entweder sind die fehlenden Partien ausgequetscht oder weggeschoben worden, oder sie sind der Erosion anheim gefallen. Für keine der Erklärungsweisen kann eine entscheidende Tatsache ins Feld geführt werden. Gewiss kann man sich leicht vorstellen, wie die Bündnerschiefer sich an dem südwärts schauenden Knie der Deckenwurzeln und des Autochthonen gestaut hatten, wie schliesslich an dem helvetischen Wall eine Bresche entstand, die Bündnerschiefer hineingepresst wurden und das abgetrennte Material als Schuppen oder Schollen weiter nordwärts gestossen haben. Da konnten in der helvetischen Unterlage leicht Längspressungen infolge von convergenten Schubrichtungen der darüber wegleitenden Schiefer entstehen. Es mochte zu Verkeilungen und Klemmungen kommen, die sehr wohl die beobachteten Querfalten verursachen konnten.

Man könnte aber auch versucht sein, an eine Abtragung der Wurzeln durch Erosion und nachfolgende Überschiebung der Schiefer zu denken, ähnlich etwa wie am Alpenrand nach Arn. Heim, der Überschiebung von Flysch und Kreide eine Erosion in der unterliegenden Nagelfluh vorangegangen ist, und es läge nahe, diese Erosion auch für das Ostende des Autochthonen und des Calanda im Talstück zwischen Chur und Landquart anzunehmen. Dort schieben sich ja die Bündnerschiefer in die direkte Verlängerung nicht nur der helvetischen Deckenwurzeln, sondern auch der autochthonen Flyschzone.

Allerdings ist ja am Gonzen und am Calanda ein allgemeines, zum Teil sehr rasches Absinken der Gewölbeaxen gegen Osten zu konstatieren. Doch fehlen südlich des Fläscherberges, der zur Säntisdecke gehört, alle Spuren der untertauchenden Decken. Die Glarner Überschiebungen müssen über dem Gipfel des Calanda noch bei zirka 3000 m Höhe gelegen haben und dann von dort auf eine Distanz von höchstens 7 km ostwärts (im Streichen der Falten) auf 550 m hinabgestiegen sein. Woraus sie sich zusammensetzten, weiss man allerdings nicht. Es brauchen nicht alle höheren und tieferen Decken vertreten gewesen sein und auch der Verrucano mochte fehlen, ähnlich wie westlich von Linthtal. Überhaupt mochte die Mächtigkeit verhältnismässig gering gewesen sein. Doch kann man sich des Eindruckes nicht erwehren, dass im Rheintal unterhalb Chur für das untertauchende Autochthone, die Calandafalten und die absinkenden helvetischen Decken verhältnismässig wenig

Raum übrig bleibt. Man ist daher, wie angedeutet wurde, versucht, besondere Verhältnisse anzunehmen, sei es eine der Bündnerschiefer-Überschiebung vorangegangene Erosion, oder sei eine intensive Querflexur oder allenfalls eine Verwerfung.

Soviel scheint sicher zu sein: Die Bündnerschiefer-Überschiebung, die wir bei Rhäzüns-Bonaduz im wesentlichen als die penninische bestimmt haben, greift dort über die Wurzeln der helvetischen Decken z. T. jedenfalls discordant hinweg und lässt die Bündnerschiefer nahe ans Autochthone, oder wahrscheinlich sogar bis ans Autochthone (St. Georg, Plazes) hinantreten. In der Verlängerung des ostwärts untertauchenden Aarmassivs und der helvetischen Decken sind die Bündnerschiefer ohne Zweifel nordwärts über die Kulminationszone von Massiv und Decken hinausgeschoben worden.

Zürich, im Mai 1910.

Johann Albrecht Euler.

Von

Paul Stäckel in Karlsruhe.

Als Jacobi vor sechzig Jahren die Herausgabe der Eulerschen Schriften ins Werk zu setzen versuchte, hat er die Frage aufgeworfen, ob nicht auch die Abhandlungen von Johann Albrecht Euler, dem ältesten Sohne Leonhard Eulers, darin Platz finden sollten, „da sich annehmen lässt, dass alles bis auf die Ausarbeitung vom Alten ist“ [1]. Nachdem nunmehr die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft beschlossen hat, den lange gehegten Wunsch der Mathematiker zu erfüllen, schien es erforderlich, ein *Verzeichnis der Schriften Johann Albrecht Eulers* aufzustellen. Eine gewisse Vorarbeit hierzu war die Liste, die J. W. Herzog im Jahre 1780 veröffentlicht hatte [2]. Es ergab sich jedoch bald, dass sie der Verbesserung und Vervollständigung bedurfte; auch schien es wünschenswert, die bibliographischen Nachweisungen mit derselben Ausführlichkeit zu geben, wie es G. Eneström für L. Euler in seinem *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers*, Leipzig 1910, getan hat [3]. Die Beschäftigung mit den Schriften gab Anlass, der Persönlichkeit des Verfassers näher zu treten. So ist eine kurze Lebensbeschreibung und historisch-kritische Würdigung der wissenschaftlichen Leistungen des jüngeren Eulers entstanden, die

[1] Brief an P. H. v. Fuss vom März/April 1848, *Briefwechsel zwischen C. G. J. Jacobi und P. H. v. Fuss*, herausgegeben von P. Stäckel und W. Ahrens, Leipzig 1908, S. 49; siehe auch *Bibliotheca math.* (3) 8 (1908), S. 281.

[2] *Adumbratio eruditorum Basiliensium meritis apud exteros olim hodieque celebrium*, appendicis loco Athenis Rauricis addita, Basel 1780, S. 62–66. Die Liste in *Poggendorffs Handwörterbuch*, Band I, Berlin 1863, Spalte 704–705 geht mittelbar, nämlich durch *J. G. Meusels Lexikon der vom Jahre 1750 bis 1800 verstorbenen teutschen Schriftsteller* 3, Leipzig 1804, S. 208–211, auf diese Quelle zurück.

[3] Herr Eneström hat die Freundlichkeit gehabt, mir zu dem Schriftenverzeichnis wie auch zur Biographie J. A. Eulers wertvolle Bemerkungen mitzuteilen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank sage.

als ein kleiner Beitrag zu der uns noch fehlenden Biographie seines grossen Vaters angesehen werden möge [1]).

Am 27. Dezember 1733 hatte sich Leonhard Euler, damals in St. Petersburg, mit Katharina Gsell verheiratet, der Tochter eines schweizerischen Malers, Georg Gsell, den Peter I. während seines Aufenthaltes in Amsterdam kennen gelernt und später nach Russland mitgenommen hatte. Als ältester Sohn dieses Paares wurde Johann Albrecht Euler am 16. November (alten Stils) 1734 zu St. Petersburg geboren. Mit sieben Jahren kam er nach Berlin, wohin sein Vater durch Friedrich II. berufen worden war, und hat hier die folgenden fünfundzwanzig Jahre seines Lebens zugebracht.

Der Schulbesuch wurde durch den Unterricht des Vaters ergänzt, der den Sohn in die mathematischen Wissenschaften einführte. „Literarum studiis quasi ab utero devotus“, wie sich Herzog ausdrückt, machte er rasche Fortschritte und konnte bald dem Vater, der 1735 auf dem rechten Auge erblindet war, helfend zur Seite stehen. Als dieser auf Befehl des Königs im Jahre 1749 den 1744—1746 erbauten Finowkanal zwischen Oder und Havel bereiste, begleitete ihn Johann Albrecht und hat an den Nivellements für die Verbesserungsarbeiten mitgewirkt [2]). Überhaupt zog ihn seine Neigung mehr zu den Anwendungen als zur reinen Mathematik selbst, und so betrifft seine erste Abhandlung [**2**] die Frage, wie man die Kraft des Wassers am vorteilhaftesten zum Treiben von Mühlen und anderen Maschinen

[1]) Als Quellen haben gedient: *Adumbratio* von Herzog, S. 32–69, die besonders wertvoll ist, weil nach einer Bemerkung auf S. 73 N. Fuss zu den Artikeln über L. und J. A. Euler das Material geliefert hat, ferner J. G. Meusel, *Das gelehrte Teutschland,* 4. Aufl., Band 1, Lemgo 1780, S. 416, 417, 5. Aufl., Band 2, Lemgo 1796, S. 255 und der Nachruf in den Nova acta Petrop. 15 (1799/1802), 1806, Histoire, S. 5—8, der wahrscheinlich von N. Fuss herrührt. Dazu kommen die Angaben Jacobis aus den Akten der Berliner Akademie in den *Briefen an P. H. v. Fuss,* Auszüge aus Briefen J. A. Eulers an W. J. G. Karsten, die G. Karsten mitgeteilt hat, Allgemeine Monatsschrift für Wissenschaft und Literatur, Braunschweig, 1854, S. 341–349, R. Wolf, *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz,* 1. bis 4. Cyclus, Zürich 1858—1862 und endlich die *Geschichte der Königlich Preussischen Akademie* von Harnack, drei Bände, Berlin 1900. Abgeleitete Quellen sind die Artikel bei H. J. Holzhalb, Supplement zu dem allgemeinen helvetisch-eidgenössischen Lexikon von weiland Herrn H. J. Leu, 1. Teil, Zürich 1786, Ersch und Gruber, *Allgemeine Encyklopädie der Wissenschaften und Künste,* Sektion I, Teil 39, Leipzig 1843, S. 72—73 (Graetz), der *Nouvelle Biographie générale*, t. 16, Paris 1856, Spalte 717—718 und der *Allgemeinen Deutschen Biographie,* Band 6, Leipzig 1877, S. 430—431 (M. Cantor).

[2]) In der Biographie Leonhard Eulers von Herzog (*Adumbratio*, S. 37) wird hierüber berichtet: „Praecipue consilio suo multum profuit, cum a. 1749 canalis Füno inter Oderam et Havelam dioptra esset metiendus. Socii hujus laboris ei dati fuerunt tribunus de Gaudi, castellanus de Boumann et filius natu maximus, Joh. Albertus.“ In der *Biographie générale* ist hieraus die Teilnahme J. A. Eulers an den Arbeiten bei dem „canal de Finlande“ entstanden.

verwenden könne: er hat darin unter anderem eine Darstellung der Turbinentheorie seines Vaters gegeben[1]). Am 9. November 1754 wurde diese Abhandlung von der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften mit dem Preise gekrönt. Auch später hat er sich, dem Beispiel seines Vaters folgend, wiederholt um Preise der Akademien beworben und fast immer den Sieg davon getragen. Er erhielt Preise in *St. Petersburg* 1755 [**1**] (physische Ursache der Elektrizität), 1760 [**6**] (Drehung der Planeten um ihren Schwerpunkt), 1762 [**7**] (Störungen der Kometen durch Planeten); in *München* 1762 [**19**] (Mondtheorie); in *Paris* 1761 [**27**] (Verstauung von Schiffsladungen), 1770 [**31**] zusammen mit dem Vater (Mondtheorie); ausserdem wurde ihm dort 1762 [**8**] (Widerstand des Aethers bei den Planetenbewegungen) ein Accessit zuteil; den Preis selbst bekam Bossut.

Bereits am 6. Dezember 1754 wurde J. A. Euler ordentliches Mitglied der Berliner Akademie. Solche frühen Ernennungen waren damals nicht ungewöhnlich. Sie hatten den Zweck, junge talentvolle Leute an den preussischen Dienst zu fesseln, ohne dass dem Staate erhebliche Kosten erwuchsen; denn nur für den Präsidenten und je drei Mitglieder der vier Klassen waren Pensionen ausgesetzt, während die übrigen Akademiker teils ganz leer ausgingen, teils kleine Entschädigungen erhielten. Als Mitglied der Mathematischen Klasse hat J. A. Euler in den Jahren 1755—1766 regelmässig seine Beiträge zu den Memoiren der Akademie geliefert. Die Bände 11 bis 22 enthalten im ganzen 13 Abhandlungen von ihm[2]); sie betreffen Gegenstände aus der Mechanik, Astronomie und Physik. Ebenso wie die vorher genannten Preisschriften, die bis auf eine ebenfalls der Zeit von 1754—1766 angehören, und die Beiträge für die Abhandlungen der Münchener Akademie, deren auswärtiges Mitglied J. A. Euler am 21. Oktober 1762 geworden war, lassen jene Veröffentlichungen die starke Abhängigkeit des Sohnes vom Vater erkennen; bei der Schilderung seiner gesamten wissenschaftlichen Tätigkeit wird hierauf genauer eingegangen werden.

Im Jahre 1756 war dem jungen Euler eine jährliche Entschädigung von 200 Talern bewilligt worden. Dabei verblieb es auch, als er 1758 mit der Aufsicht über die Sternwarte der Akademie betraut wurde; über seine Tätigkeit als Astronom wird nur berichtet, dass er an den Beobachtungen des 1759 wieder erschienenen Halleyschen

[1]) Über L. Eulers Untersuchungen zur Turbinentheorie vergl. den Aufsatz von E. Brauer, Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung, 17 (1908), S. 39—46.

[2]) Eine am 20. September 1764 vorgelegte Abhandlung: *Neue Prüfung der Theorie von der Bahn und Bewegung der Geschützkugeln* scheint nicht gedruckt worden zu sein.

Kometen Anteil genommen habe. Nachdem sich J. A. Euler am 27. April 1760 mit Anna Charlotte Sophie Hagemeister verheiratet hatte, wurde eine feste Anstellung noch wünschenswerter. Am 25. September 1760 beantragte die Akademie für ihn beim König eine jährliche Besoldung von 200 Talern „en qualité d'astronome"; dieser liess jedoch durch den Marquis d'Argens antworten, er könne sich mit den Angelegenheiten der Akademiker erst nach Beendigung des Krieges befassen. Aber auch nach dem Frieden von Hubertusburg (15. Februar 1763) fand J. A. Euler Gelegenheit, sich in der Kunst des Wartens zu üben. Sein Anerbieten, die Stelle eines Professors Matheseos, wohl an der damals errichteten Ritter-Akademie, zu übernehmen, wurde abgelehnt, da er zu jung sei, bald darauf aber die Professur einem achtzehnjährigen Franzosen, Frédéric de Castillon, übertragen. Die Fürsprache d'Alemberts, der im Sommer 1763 in Potsdam zu Besuch verweilte, hatte zwar den Erfolg, dass der König sagen liess, er wolle ihm unverzüglich eine gute Besoldung geben, aber weiter geschah nichts. J. A. Euler trat jetzt dem Gedanken näher, nach St. Petersburg überzusiedeln, wo ihm vorteilhafte Anerbietungen gemacht worden waren. „Der König", schreibt er den 5. November 1763 an Karsten, „hatte mich ohnlängst, als ich zum zweyten Mahl anhielte, mich entweder zu versorgen oder den Abschied zu ertheilen, antworten lassen, ich möchte nur biss auf die Ankunfft des jungen Doct. Bernoulli Geduld haben, er würde allsdann gewiss suchen mich zu befriedigen. Nun ist dieser junge Lands Mann endlich angekommen und zu dieser Stunde würklich in Pottsdamm. Ich erwarte allso alle Augenblicke, was in dieser Welt noch aus mir werden soll[1])." Allein er blieb auch noch weiter „in der grössten und für ihn unleidlichsten Ungewissheit". Am 22. Dezember 1763 richteten die vier Direktoren der Berliner Akademie an den König ein Gesuch, worin sie darauf hinwiesen, dass aus unbesetzten Stellen 1900 Taler Pensionen frei seien, und baten, es möchten damit einige verdiente, aber gar nicht oder gering besoldete Akademiker bedacht werden, darunter J. A. Euler. Nunmehr liess diesem der König durch seinen Vorleser Catt eröffnen, er sei gesonnen, ihn zum Astronomen zu ernennen, womit eine Besoldung von 800 Talern und freie Wohnung verbunden sein sollte. Im Februar 1764 kam

[1]) Johann III Bernoulli (1744—1807), ein Enkel des berühmten Johann I Bernoulli, seit 1764 Mitglied der Berliner Akademie, seit 1767 königlicher Astronom. In der *Adumbratio* (S. 17) wird von ihm berichtet: „Per Hannoveram d. 1. Nov. salvus Berolini advenit. Hinc Postampium festinavit, ubi Rex humanissimus per dimidiam horam sermonem cum eo instituit, eumque in aliquot dies ibi permanere voluit. In officio a Rege confirmatus Berolinum reversus et paulo post, de 4. Jan. 1764, membrum classis mathematicae ordinarium in Academiam fuit introductus."

endlich die Königliche Ordre: *Johann Albrecht erhielt eine Zulage von 400 Talern; von der Ernennung zum Astronomen war nicht die Rede.*

Ohne Zweifel hat die Art, wie die Anstellung seines Sohnes behandelt worden war, dazu beigetragen, Leonhard Euler den Aufenthalt in Berlin zu verleiden. Noch mehr musste es ihn freilich kränken, dass er bei der Neubesetzung der Präsidentenstelle[1] übergangen wurde und der König 1763 d'Alembert an die Spitze der Akademie stellen wollte. So wird es erklärlich, dass er schon im Oktober 1763 seinem Freunde Goldbach andeutete, er sei nicht abgeneigt, nach St. Petersburg zurückzukehren[2]. Schliesslich kam es wegen der Kalender-Angelegenheit zum Zusammenstoss mit dem König, und Euler reichte im Februar 1766 sein Entlassungsgesuch ein. Erst am 2. Mai wurde es bewilligt. Nachdem er sich zusammen mit seinem Sohne Johann Albrecht am 29. Mai von der Berliner Akademie verabschiedet und am 30. Mai seinen zweiten Sohn Carl (1740—1790) mit Anna Emilie Bell verheiratet hatte, verliess er am 9. Juni 1766 Berlin, zusammen mit seinem 18 Personen starken Haushalt, darunter Johann Albrecht mit Frau und zwei Kindern; nur sein jüngster Sohn Christoph (1743—1812), der preussischer Artillerie-Lieutenant war, blieb zurück, hat jedoch später ebenfalls die Erlaubnis zur Auswanderung erhalten.

Am 17. Juli (alten Stils) traf die Familie Euler in St. Petersburg ein, wo ihr der freundlichste Empfang zu Teil wurde. Katharina II. schenkte ihnen ein neues schönes Haus mit Möbeln. J. A. Euler war bereits am 26. April 1766 zum Professor der Experimentalphysik mit einem Gehalt von 2000 Gulden und freier Wohnung ernannt worden. Er trat an die Stelle des bekannten Physikers Aepinus (1724—1802), der damals in den Verwaltungsdienst überging. Merkwürdigerweise war Aepinus auch in Berlin sein Vorgänger gewesen, insofern er 1755—1757 die Sternwarte der Akademie verwaltet hatte.

Während der 34 Jahre, die J. A. Euler bis zu seinem Tode am 6. September (alten Stils) 1800 in St. Petersburg zugebracht hat, sind ihm der Reihe nach die Grade und Auszeichnungen des „Tschin" zuteil geworden; 1776 wurde er Studiendirektor des Infanterie-Kadetten-Korps mit dem Range eines Hofrats, 1787 erhielt er den Wladimir-Orden, 1797 wurde er Kollegienrat, 1799 Staatsrat. Auch an anderen Ehrungen hat es ihm nicht gefehlt; am 6. November 1766 wurde er ordentliches Mitglied der Petersburger Akademie, am 1. Mai

[1] Maupertuis war am 27. Juli 1759 zu Basel gestorben.

[2] *Correspondance math. et phys. de quelques célèbres géomètres du XVIIIe siècle*, publiée par P. H. Fuss, St. Petersburg 1843, Band I, S. 867.

1771 auswärtiges Mitglied der Stockholmer Akademie, am 28. Juli 1775, zusammen mit seinem Vater, Mitglied der Gesellschaft der Wissenschaften in Vlissingen, April 1784 an seines Vaters Stelle auswärtiges Mitglied der Pariser Akademie.

Bald nach seiner Ankunft in St. Petersburg hatte Leonhard Euler das grosse Unglück, auch die Sehkraft des linken Auges fast ganz zu verlieren. Trotzdem setzte er seine Untersuchungen fort, ja er schien seine Tätigkeit zu verdoppeln, „plura videns quam centeni atque milleni oculis valentes, ipso Argo oculatior", wie Herzog sagt. Erschienen doch 1768 der erste Band der *Institutiones calculi integralis* und die ersten beiden Bände der *Lettres à une princesse d'Allemagne*, 1769 der zweite Band der *Institutiones* und der erste Band der *Dioptrik*, 1770 der dritte Band der *Institutiones*, der zweite Band der *Dioptrik*, und die beiden Bände der *Vollständigen Anleitung zur Algebra*, 1771 der dritte Band der *Dioptrik*, 1772 der dritte Band der *Lettres* und die *Theoria motuum lunae*, 1773 die *Théorie de la construction et de la manœuvre des vaisseaux* und ausserdem in den Jahren 1766—1773 nicht weniger als 138 Abhandlungen, darunter die Abhandlung über den Venusdurchgang 1769, die den Umfang eines Buches hat. Gewiss hatte Euler für einen Teil der genannten Werke Entwürfe und Ausarbeitungen nach St. Petersburg mitgebracht, allein andere, wie die Algebra und die Mondtheorie, sind erst dort entstanden, und bei allen diesen umfangreichen Veröffentlichungen war schon Fertigstellung der Manuskripte und die Überwachung des Druckes keine kleine Arbeit. Neben Eulers jüngeren Schülern Johann Andreas Lexell (1740—1784), Wolffgang Ludwig Krafft (1743—1814) und Michael Golowin (1775—1786 Adjunkt an der Petersburger Akademie, gestorben 1790) hat hierbei sein Sohn Johann Albrecht tatkräftig und verständnisvoll mitgewirkt [1]); bei der *Pariser Preisschrift* vom Jahre 1770 [**39**] und der *Theoria motuum lunae* 1771 [**31**] ist dies auch der Öffentlichkeit gegenüber zum Ausdruck gekommen.

Zu den Pflichten gegen den Vater kamen die gegen die Akademie, deren ständiger Sekretär J. A. Euler am 23. Februar 1769 geworden war. Überdies hatte er nach dem Tode von J. A. Braun (1712—1768) die Wetterbeobachtungen in St. Petersburg übernommen. Dass ihm unter solchen Umständen in den Jahren 1766—1773 wenig Musse für eigene mathematische und astronomische Untersuchungen verblieb, kann nicht Wunder nehmen, und so besteht denn der Ertrag dieser Zeit aus drei kleineren Veröffentlichungen in den Abhand-

[1]) Vergleiche den Bericht von P. H. Fuss in der *Correspondance*, Band I, S. XLII—XLIV.

lungen der baierischen Akademie [**23**. **24**. **25**] (1768), einer Arbeit über die Bestimmung der Drehung der Sonne aus den Beobachtungen der Sonnenflecken in den Petersburger Commentarien [**26**] (1768) und einer Note über die Ermittelung der Sonnenparallaxe aus dem Venusdurchgang 1769 [**32**] (1772) in den Londoner Philosophical Transactions[1]).

Das Jahr 1773 brachte für J. A. Euler eine willkommene Entlastung. Am 8. Juni traf Nicolaus Fuss aus Basel (1755–1826) in St. Petersburg ein, der nunmehr den Hauptanteil an der Ausarbeitung und Herausgabe der Eulerschen Schriften genommen hat; seiner unermüdlichen Tätigkeit ist es zum grossen Teil zu verdanken, dass Leonhard Euler in den Jahren 1773—1782 noch die erstaunliche Anzahl von 355 Abhandlungen vorlegen konnte[2]). Nach L. Eulers Tode heiratete er eine Tochter Albertine von J. A. Euler. Er und seine Söhne Paul Heinrich v. Fuss (1797—1855) und Nicolaus Fuss (1810–1867) haben das Andenken an den grossen Vorfahren liebevoll gepflegt und die zahlreichen nachgelassenen Schriften den Mathematikern zugänglich gemacht.

Als die Petersburger Akademie im Jahre 1776 die Reihe ihrer alten und neuen *Commentarien* schloss, übernahm J. A. Euler die Herausgabe der *Acta Petropolitana*, von denen 1778–1786 zwölf Bände erschienen sind; ihnen schlossen sich die *Nova acta* an, deren erste elf Bände (1787–1798) in seine Amtszeit fallen. Mit der Herausgabe war die Abfassung der jährlichen Geschichte der Akademie und der Inhaltsangaben (Summaria, Extraits) der Abhandlungen verbunden; dazu kam ein ausgedehnter Briefwechsel mit auswärtigen Gelehrten, die Beziehungen zur Akademie hatten[3]). Die eigene wissenschaftliche Tätigkeit trat jetzt ganz in den Hintergrund. Ausser den regelmässigen Berichten über die „Wetterangelegenheiten" hat J. A. Euler seit 1773 nur eine einzige Abhandlung veröffentlicht; in ihr wird eine vom Vater gelöste zahlentheoretische Aufgabe auf andere

[1]) Die *Procès-verbaux* der Petersburger Akademie (t. II (1744—1770), St. Petersbourg 1899, S. 636) enthalten die Notiz, dass J. A. Euler in der Sitzung am 18. April 1768 eine Abhandlung eingereicht hat: „*Meditationes circa motum et pressionem aquae per tubos fluentis etc.*"; diese Abhandlung scheint jedoch nicht gedruckt worden zu sein.

[2]) Fast alle diese Abhandlungen betreffen Gegenstände aus der reinen Mathematik, während in der vorhergehenden Periode eher die Anwendungen überwogen hatten.

[3]) In der *Adumbratio*, S. 66, heisst es: „Nova Acta Petropolitana ipse solus dirigit, singulisque Tomis summaria atque historias praemittit, quo etiam nomine amplissimum ei est cum principibus Eruditorum commercium litterarium." Mit den *Nova Acta* sind die *Acta* im Gegensatz zu den alten *Commentarii* gemeint; denn Herzog hat diese Zeilen im Jahre 1780 geschrieben.

Art angegriffen [**43**] (1782). Ausserdem lieferte er mathematische Artikel zu der *Encyclopédie* von F. B. Felice (1723—1789) in Ifferten [**37**]. Trotzdem wird man das Urteil, das sich Jacobi aus den Briefen J. A. Eulers an seinen Onkel S. Formey in Berlin (1711 bis 1797) gebildet hat, zu hart finden. „Eine ungeheuere Correspondenz“, schreibt jener am 24. Oktober an P. H. v. Fuss [1]), „welche das tägliche Privatleben Ihres mütterlichen Grossvaters betrifft, welches den von aller Arbeit am weitesten entfernten und im Zerstreuungswirbel untergehenden, aber sehr wohlwollenden und besonders streng kirchlichen Gelehrten zeigt. Von seinem Vater nur, dass er bei ihm zu Abend gegessen. Er muss sehr liebenswürdig gewesen sein.“ Gewiss hat Johann Albrecht die Gesellschaft geliebt, wie er in ihr beliebt war; werden doch in dem Nachruf der Akademie die sympathischen Züge seines Charakters und seine „vertus sociales“ nachdrücklich hervorgehoben. Dass er aber im Zerstreuungswirbel untergegangen sei, ist eine Übertreibung. Allerdings war seit 1776 seine wissenschaftliche Produktivität, die niemals sehr stark gewesen war, ganz versiegt. Aber auch P. H. Fuss klagt, dass er wegen der Zeitzersplitterung, die das Amt des Sekretärs mit sich bringe, fast gar nicht mehr zu wissenschaftlichen Arbeiten komme, und fügt hinzu: „Einigermassen tröstlich ists für mich, dass ein besserer als ich, mein Vater, auch zu produciren aufhörte, da er das Secretariat übernahm“ [2]).

Was Herzog von dem jungen Johann Albrecht Euler erzählt: „Adsiduus atque adtentus Patri adfuit auditor, observator, imitator“, das gilt von dessen ganzem Leben: er ist immer ein Schüler seines Vaters geblieben. Von der väterlichen Hilfe hat er freilich manchmal einen Gebrauch gemacht, der nach unseren Begriffen recht weit geht. Schon Jacobi hat bemerkt, dass der Titel der Abhandlung: *Recherches des forces dont les corps célestes sont sollicités en tant qu'ils ne sont pas sphériques* [**18**] (1765)[3]), genau übereinstimmt mit dem Titel einer Abhandlung, die Leonhard Euler am 23. November 1758 der Berliner Akademie vorgelegt hatte, die aber nicht gedruckt worden ist. Er

[1]) *Briefwechsel*, S. 25; vgl. auch S. 45 und 66.

[2]) Brief an Jacobi vom 5./19. März 1841, *Briefwechsel*, S. 11; N. Fuss war 1800—1826, P. H. Fuss 1826—1855 ständiger Sekretär der Petersburger Akademie. Vielleicht ist aber mit dem Ausdruck „untergehenden“, wie Herr Eneström bemerkt, die missliche finanzielle Lage J. A. Eulers gemeint; hierauf bezieht sich ein Brief von N. Fuss an den Buchhändler Fr. Nicolai in Berlin, der sich in der Kgl. Bibliothek zu Berlin befindet, vgl. auch die Bemerkung von P. H. v. Fuss, *Briefwechsel*, S. 45.

[3]) Von hier ab bedeuten die Jahreszahlen hinter den Nummern der Abhandlungen nicht mehr das Jahr des Druckes, sondern das mutmassliche Jahr der Abfassung der betreffenden Abhandlung.

meint dazu: „Wahrscheinlich fand Euler Vater sie unter seinen Papieren, hatte vergessen, dass er sie selbst schon gelesen, und gab sie dem Sohn, der in Verlegenheit war“ [1]. Wenn Jacobi zur Begründung bemerkt, dass J. A. Euler darin einer früheren Abhandlung des Vaters gar nicht erwähne, wie es sonst von ihm zu geschehen pflege, so liegt hier ein Irrtum vor; denn auf der dritten Seite der Abhandlung heisst es: „Dans les différentes mémoires où mon père à traité le mouvement de rotation des corps autour d'un axe variable, et entr'autres dans sa nouvelle méchanique, Chap. V . . .“ [2]. Allein der Abschnitt, in dem dieser Satz enthalten ist, kann sehr wohl eine spätere Einschiebung sein, und Tatsachen, die sogleich anzuführen sein werden, machen es wahrscheinlich, dass ein Manuskript des Vaters die Grundlage zu jener Abhandlung gebildet hat. Jedenfalls stammen die in der Abhandlung gelöste Aufgabe und ihre Lösung von Leonhard Euler, der bereits am 16. Dezember 1760 in einem Briefe an Karsten gezeigt hatte, wie man einen Näherungsausdruck für die Anziehung eines nichtkugelförmigen Körpers auf einen weit entfernten Massenpunkt finden könne [3].

Am 3. November 1763, 15. und 24. März 1764 hatte J. A. Euler der Akademie eine Abhandlung: *De promotione navium sine vi venti* vorgelegt, von der 1766 eine französische Übersetzung in den Berliner Memoiren gedruckt worden ist [**15**]. Der Titel stimmt genau überein mit dem Titel der Preisschrift, die Leonhard Euler für den Preis vom Jahre 1753 bei der Pariser Akademie eingereicht hatte; diese Abhandlung ist erst 1771 in dem achten Bande des *Recueil des pièces qui ont remporté les prix* gedruckt worden. Die Vergleichung zeigt, dass die Abhandlung [**15**] eine genaue Übersetzung der Preisschrift ist. Hinzugekommen sind nur S. 264, 272, 282—285 Bemerkungen über die *Hydrodynamik* von Daniel Bernoulli (Strassburg 1738), dessen Prioritätsrechte anerkannt werden, ein kleines Beispiel S. 293 und auf den Seiten 241 und 265 Bemerkungen, wonach in den folgenden Ausführungen Ergebnisse von Leonhard Euler wiedergegeben werden sollen.

Auch die umfangreichen Abschnitte über die Rotation eines starren Körpers um einen festen Punkt in den Preisschriften über die Drehung der Planeten um ihren Schwerpunkt [**6**] (1760) und über

[1] Brief an P. H. Fuss vom März/April 1849, *Briefwechsel*, S. 73.

[2] Gemeint ist die *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum*, die 1765 zu Rostock erschienen war.

[3] *Allgemeine Monatsschrift für Wissenschaft und Kunst*, Braunschweig 1854, S. 335.

die Verstauung der Schiffsladungen [**27**] (1761) schliessen sich eng an die betreffenden Ausführungen Leonhard Eulers an, und ähnliches gilt von den Abhandlungen zur Störungstheorie [**14**] (1759) und [**7**] (1762). Eigentümlich steht es mit der Abhandlung: *Recherches sur le tems de chute d'un corps attiré vers un centre de forces en raison réciproque des distances* [**16**] (1755). Die Bestimmung der Zeit, in der ein Massenpunkt bei gradliniger Bewegung auf ein Zentrum fällt, das ihn mit einer der Entfernung proportionalen Kraft anzieht, wird hier auf die Auswertung eines bestimmten Integrals zurückgeführt, nämlich in der modernen Schreibweise:

$$I = \int_0^1 (-\ln z)^{-\frac{1}{2}} dz,$$

„que personne n'a encore integrée directement". Um den Wert auf einem indirekten Wege zu finden, betrachtet J. A. Euler das allgemeinere Integral:

$$f(n) = \int_0^1 (-\ln z)^n \, dz,$$

und zeigt mittels partieller Integration, dass die Funktionalgleichung

$$f(n) = n f(n-1)$$

besteht; da $f(0) = 1$ ist, folgt hieraus für positive ganzzahlige Werte von n die Gleichung $f(n) = n!$. Nach der Funktionalgleichung ist aber:

$$f(n + \tfrac{1}{2}) = \frac{1 \,.\, 3 \,.\, 5 \ldots\ldots (2n+1)}{2 \,.\, 2 \,.\, 2 \ldots\ldots\ldots 2} \, I,$$

und da, wie ohne Beweis behauptet wird:

$$\lim_{n=\infty} \frac{f(n+\frac{1}{2}) \cdot f(n+\frac{1}{2})}{f(n) \,.\, f(n+1)} = 1$$

ist, so ergibt sich für $I = f(-\frac{1}{2})$ die Relation:

$$I^2 = 2 \lim \frac{2 \,.\, 2 \,.\, 4 \,.\, 4 \,.\, 6 \,.\, 6 \ldots.}{1 \,.\, 3 \,.\, 3 \,.\, 5 \,.\, 5 \,.\, 7 \ldots.},$$

woraus nach der Formel von Wallis der Wert

$$I = \sqrt{\pi}$$

folgt. Aber Leonhard Euler hatte in einer 1738 erschienenen Abhandlung[1]), deren wesentlichen Inhalt er schon im Jahre 1730 seinem

[1]) *De progressionibus transcendentibus*. Comment. Petrop. 5 (1730/31), 1738, S. 36—57, vgl. im Besonderen SS. 44 und 47.

Freunde Goldbach mitgeteilt hatte[1], den Wert des Integrales $J(\frac{1}{2}) = \frac{1}{2} J(-\frac{1}{2})$ genau auf demselben Wege ermittelt[2] und unter Bezugnahme auf diese Abhandlung in seiner *Mechanica sive motus scientia*, St. Petersburg 1736, Bd. I, S. 124 für die Fallzeit genau den von seinem Sohne 1755 hergeleiteten Ausdruck angegeben.

Man wird es hiernach als sehr wahrscheinlich bezeichnen dürfen, dass die Abhandlungen J. A. Eulers, die sich auf reine Mathematik, Mechanik, Astronomie und theoretische Physik beziehen, der Anregung und Hilfe des Vaters ihren Ursprung verdanken, ohne dass es freilich möglich wäre, überall festzustellen, wie weit dessen Mitwirkung gegangen ist. Wenn man beim Sohne von selbständigen Leistungen sprechen darf, so gehören sie dem Gebiete der beobachtenden und messenden Physik an. Hier ist vor allem seine meteorologische Tätigkeit zu nennen, die er 30 Jahre hindurch mit liebevoller Sorgfalt ausgeübt hat. Auch die Versuche über die Inklination der Magnetnadel [**3**] (1755) und über die Brechung von Flüssigkeiten [**28**] (1761—1762) sind wohl ihm eigentümlich, während die zugehörigen analytischen Entwicklungen auf den Vater zurückgehen; hierher ist auch die Vergleichung der Heizkraft von Öfen [**21**] (1766) zu zählen.

Was den Inhalt der mathematisch-physikalischen Abhandlungen J. A. Eulers betrifft, so kann man sagen, dass sich darin die Grundzüge der wissenschaftlichen Arbeit Leonhard Eulers wiederspiegeln,

---

[1] *Correspondance mathématique*, Band I, S. 11—18.

[2] Den Wert des Integrals

$$\int_0^1 (-\ln z)^{-\frac{1}{2}} dz$$

hat Leonhard Euler später in der 1771 verfassten Abhandlung: *Evolutio formulae integralis*

$$\int x^{f-1} dx (lx)^{\frac{m}{n}}$$

integratione a valore x = 0 ad x = 1 extensa (Novi comment. acad. sc. Petrop. 16 (1771), 1772, S. 91—139, § 28) vollständig hergeleitet. Unter der uns geläufigen Form

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-u^2} du,$$

die sich sofort mittels der Substitution

$$z = e^{-u^2}$$

ergibt, scheint das Integral erst von Laplace behandelt worden zu sein (*Mémoire sur les probabilités*, Mémoires de l'acad. d. sc. de Paris 1778, gedruckt 1781, S. 292—293); hier wird der Wert des Integrals auf direkte Weise hergeleitet, und zwar genau in der Art, wie es noch gegenwärtig in den Lehrbüchern geschieht.

nur dass die reine Mathematik zu kurz kommt; die Mechanik starrer Körper, die angewandte Mechanik, die Optik mit ihren Anwendungen, die astronomische Störungstheorie sind es, die hier in Frage kommen.

Die Abhandlungen aus der reinen Mathematik sind nicht zahlreich. Elementarer Art sind die arithmetischen Arbeiten [**9**] (1763) und [**43**] (1780), sowie die geometrische Abhandlung über die Teilung von Flächen durch parallele Gerade [**23**] (1768). Ausserdem ist nur noch eine Untersuchung zur Variationsrechnung [**10**] (1757) zu nennen, die auf der Höhe der *Methodus inveniendi* (1744) steht. Hierin wird die Grundkurve eines Kegels von gegebener Höhe bestimmt, dessen Mantelfläche gegebenen Inhalt hat, wenn verlangt wird, dass das Volumen ein Maximum sein soll. Die Aufgabe[1]) führt auf elliptische Integrale; sie würde eine erneute Behandlung verdienen[2]).

Die astronomischen Abhandlungen auf dem Gebiete der Störungstheorie sind bereits erwähnt worden; zu ihnen tritt noch eine kleinere Arbeit über die Variation des Mondes [**22**] (1766). Endlich gehört hierher die Preisschrift vom Jahre 1761 [**8**], in der J. A. Euler versucht festzustellen, ob der Widerstand des Äthers einen Einfluss auf die Bewegung der Planeten habe. Auf die Äthertheorie, die Leonhard Euler im Gegensatz zu der Schule Newtons mit grosser Zähigkeit vertrat, beziehen sich auch die Abhandlungen über die physische Ursache der Elektrizität [**1**] (1755) und [**5**] (1757), die ganz in dem Stile der Descartesschen Wirbellehre geschrieben sind.

Abgesehen von der schon erwähnten Abhandlung über die Brechung der Flüssigkeiten hat J. A. Euler noch zwei weitere Abhandlungen der Optik gewidmet. In der einen entwickelt er elementare Sätze über die Abbildung durch sphärische Spiegel [**13**] (1765), in der andern [**20**] (1761) berichtet er über Versuche, achromatische Fernrohre mittels Linsen aus Glas und Wasser herzustellen, die jedoch nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt haben.

Am wertvollsten sind die Arbeiten zur Mechanik. In den schon erwähnten Abhandlungen [**6**] (1760) und [**27**] (1761) hat er die bahnbrechenden Untersuchungen seines Vaters über die Mechanik starrer Körper dem Verständnis näher zu bringen und ihre Bedeutung für die angewandte Mechanik darzulegen versucht. Darüber hinaus gehen aber die beiden Abhandlungen über die Bewegung einer rollenden

[1]) Dass L. Euler die Aufgabe dem Sohne zur Bearbeitung vorgelegt hatte, berichtet S. Rumowski, Nov. comment. acad. Petrop. 8 (1760/61), 1763, S. 189.

[2]) Vgl. die in der vorhergehenden Anmerkung erwähnte Abhandlung Rumowskis (S. 189—194)

Kugel auf einer rauhen Fläche [**11**] 1758 und [**17**] 1760, die noch heute lesenswert sind und eine Herausgabe in *Ostwalds Klassikern* verdienten. Auch die Abhandlungen über den Drachen [**4**] (1756) und [**12**] (1757), „diesem Spielzeug, das durch die Anwendung auf die Untersuchung der Luftelektrizität durch de Romas veredelt worden ist", enthalten feine Bemerkungen; freilich beruht der mathematische Ansatz auf unzureichenden Grundlagen.

Wie J. A. Euler von seinen Zeitgenossen beurteilt wurde, zeigt die Schilderung, die der schon erwähnte Johann Bernoulli in seinen *Reisen durch Brandenburg, Pommern, Preussen, Curland, Russland und Pohlen* von ihm entworfen hat [1]. In dem Berichte über seinen Aufenthalt in St. Petersburg vom 26. Juli bis 9. August 1778 führt er uns der Reihe nach die Mitglieder der Akademie vor und äussert sich über den jüngeren Euler mit folgenden Worten: „Herr Johann Albrecht Euler, der älteste Sohn des grossen Eulers, geboren zu St. Petersburg im Jahre 1734, ist seit 1766 Mitglied der Akademie für Naturlehre, und wurde wenig Jahre darauf Sekretär derselben für die Wissenschaften. Bekanntermassen hatte er schon lange Zeit in der mathematischen Klasse der Berliner Akademie mit Ruhm eine Stelle bekleidet, ehe er nach St. Petersburg zurückreiste, und war nicht allein durch schöne Abhandlungen in unseren Mémoires, sondern auch durch die Auflösung schwerer Preisaufgaben der Pariser, Petersburger und Münchner Akademie als ein würdiger Sohn seines berühmten Vaters bekannt worden; da sich seine in Berlin sehr schwächlichen Gesundheitszustände [2]) in Petersburg sehr verbessert haben, so wäre noch weit mehr von ihm zu erwarten gewesen, wenn ihn nicht die Verwaltung des Sekretariats und die ihm seit einigen Jahren aufgetragene Stelle eines Direktors der Studien des adeligen Kadettenkorps der zu tiefen Untersuchungen notwendigen Musse beraubten; doch hat er an den mühsamen Berechnungen der neuen im Jahre 1772 von seinem Hrn. Vater herausgegebenen Theorie und Tafeln des Mondes grossen Anteil genommen, und besorgt auch die meteorologischen Beobachtungen. Dass der gelehrte Eulerische Stamm noch lange blühen möge, dazu hat er das Seinige redlich beigetragen, indem unter seinen acht Kindern vier hoffnungsvolle Söhne sind."

---

[1]) Band 4. Leipzig 1780, S. 21.

[2]) J. A. Euler war im Jahre 1759 am Flecktyphus erkrankt, wovon er sich nur schwer erholte (*Adumbratio*, S. 62).

Die Schriften Johann Albrecht Eulers nach den Druckjahren geordnet.

1755.

Io. ALBERTI EULERI Disquisitio de causa physica electricitatis ab academia Scientiarum imperiali Petropolitana praemio coronata in publico Academiae conventu die VI. Septembr. 1755 una cum aliis duabus dissertationibus de eodem argumento. Petropoli Sumtibus academiae scientiarum. **[1**

4°, 144 S. + 1 Taf. — Motto: „Felix qui potuit rerum cognoscere causas." — Die Abhandlung J. A. EULERS findet sich S. 3—28; es folgen noch zwei Abhandlungen über denselben Gegenstand von PAUL FRISIUS in Pisa und LAURENTIUS BERAUD in Lyon. — [Rezension:] Nouv. Bibliothèque germanique, **21** (1758), S. 255—262.

1756.

Enodatio quaestionis quomodo vis aquae aliusve fluidi cum maximo lucro ad molas circum agendas aliave opera perficienda impendi possit? Auctore Io. ALBERTO EULER. Praemio ornata a Societate regia scientiarum Gottingensi a. d. 9. Nov. 1754. Sumtibus Dan. Frid. Kubleri Bibliopolae Gotting. [ohne Jahreszahl.] **[2**

4°, (2) + 70 S. + 4 Taf. — *Symbolum* (auf dem Titelblatt): „Leve fit quod bene fertur onus." — Dass diese Preisschrift Göttingen 1756 erschienen ist, geht aus den *Göttinger gel. Anzeigen* 1756 (24. Juni), S. 633 hervor, wo mitgeteilt wird, dass sie „vor Kurzem in Küblers Verlag zum Vorschein gekommen" ist. — Enthält ausser der Einleitung (S. 1—7) drei Sectiones: I. De machinis a solo impulsu aquae agitatis (S. 7—28). II. De machinis hydraulicis a solo pondere aquae agitandis (S. 28—39). III. De machinis hydraulicis a reactione aquae agitandis (S. 39—70). Nach F. W. A. MURHARD, Litteratur der mathematischen Wissenschaften, 4, Leipzig 1804, S. 292, lässt sich in dem der Göttinger Gesellschaft übersandten Manuscript an manchen Stellen LEONHARD EULERS Handschrift erkennen.

1757.

Théorie de l'inclinaison de l'Éguille magnétique, confirmée par des Expériences, par M. EULER le fils. Traduit du latin. **[3**

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**11**] (1755), 1757, S. 117—201 + 2 Taf. — Eine Abhandlung mit dem Titel: Theoria inclinationis acus magneticae experimentis confirmata wurde nach C. G. J. JACOBI am 20. August und 27. November 1755 der Berliner Akademie vorgelegt.

1758.

Des Cerfs-volans, par Mr. EULER le fils. Traduit du latin. |4

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [12] (1756), 1758, S. 322—364 + 1 Taf. — Die Seiten S. 349—364 enthalten eine *Addition*. — Eine Abhandlung mit dem Titel: De draconibus volantibus wurde nach C. G. J. JACOBI am 4. Nov. 1756 der Berliner Akademie vorgelegt; eine Abschrift davon befindet sich nach ihm im Archiv der Akademie.

1759.

Recherches sur la cause physique de l'électricité. Par M. EULER le fils. |5

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [13] (1757), 1759, S. 125—159 + 1 Taf. — Eine Abhandlung mit diesem Titel wurde nach C. G. J. JACOBI am 13. Oct. und 10. Nov. 1757 der Berliner Akademie vorgelegt.

1760.

IOH. ALBERTI EULERI Academici Berolinensis Meditationes de motu vertiginis planetarum ac praecipue Veneris in quaestionem: Motus diurnos planetarum circum axes proprios, inprimis Veneris vertiginem, accuratius observare, et inconcussis observationibus, iisdemque novis, una cum positione aequatorum, demonstrare atque definire, ab Academia Imperiali Scientiarum Petropolitana in Annum 1757. pro praemio propositam, ab eadem Academia d. 6. Septembris 1760. in conventu publico praemio affectae. Petropoli Typis Academiae Scientiarum 1760. |6

4°, (4) + 52 S. + 2 Taf. — Motto (auf dem Titelblatt): „Tardi ingenii est rivulos consectari, fontes rerum non videre. Cicero de Orat. Lib. II." — Enthält ausser einem *Monitum* auf zwei nicht numerierten Seiten und der Einleitung (S. 1—6) fünf Abschnitte: 1. Investigatio axium principalium cuiusque corporis (S. 6—17), 2. Investigatio motus gyratorii circa axem quemcunque (S. 17—28), 3. De Motu vertiginis Planetarum, quatenus a nullis viribus externis sollicitantur (S. 28—35), 4. De perturbatione motus vertiginis a viribus extraneis orta (S. 35—42), 5. De Motu Librationis Lunae (S. 42—48).

1762.

IOH. ALB. EULERI Academici Berolinensis Meditationes de perturbatione motus cometarum ab attractione planetarum orta. Dissertatio ab Academia Scientiarum Petropolitana praemio affecta d. 23. Septembris 1762. Petropoli Typis Academiae Scientiarum 1762. |7

4°, 46 S. + 1 Taf. — Die Seiten 42—46 enthalten einen *Appendix:* De perturbatione Cometae An. 1759 visae ab actione Telluris orta.

Recherches sur la résistance du milieu dans lequel les planètes se meuvent, par J. A. EULER. A Berlin, chez Chrétien Frédéric Voss 1762. |8

4°, 47 S. + 2 Fig. — Die Schrift hatte im Jahre 1762 von der Pariser Akademie das Accessit erhalten: den Preis bekam BOSSUT. Sie trägt das Motto: „Haec super imposuit liquidum et gravitate carentem Aethera, nec quicquam terrenae facis habentem. OVID." Enthält ausser dem Avertissement (S. 3–4) drei Teile: I. Sur la nature du milieu dans lequel les planètes se meuvent (S. 5—11), II. Sur la résistance de l'éther (S. 12—18), III. Sur le dérangement des planètes causé par la résistance de l'éther (S. 19—47). — Eine Abhandlung mit demselben Titel wurde nach C. G. J. JACOBI am 18. Juni 1761, die Druckschrift am 7. Dezember 1762 der Berliner Akademie vorgelegt. — [Rezensionen:] Journal encyclopédique 15. August 1771, Journal des Sçavans März 1772, JEAN BERNOULLI, Recueil pour les astronomes 2, 1772, S. 250—251. — [Wiederabgedruckt:] Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Academie royale des sciences depuis leur fondation, 8, Paris 1771, Prix de 1762 I, 50 S. (eine Figur im Texte findet sich S. 21) unter dem Titel: Mémoire dans lequel on examine si les planètes se meuvent dans un milieu dont la résistance produise quelque effet sensible sur leur mouvement? Composé à l'occasion du prix de 1762 par M. JEAN ALBERT EULER. **[8a]**

1764.

ALBRECHT EULERS Beantwortung einiger arithmetischen Fragen. **[9**

Abhandl. der Churf. baier. Akademie, **2**, 2. Teil, München 1764, S. 3—36. — Nach C. G. J. JACOBI wurde eine deutsche Abhandlung: Résolutions de quelques problèmes qui regardent la quantité des figures des nombres am 30. Juni 1763 der Berliner Akademie vorgelegt. Sie ist höchst wahrscheinlich mit der oben angeführten Abhandlung identisch, weil hier die erste Aufgabe folgendermassen lautet: Wenn von einer Billion die Zahl 100 nach der gemeinen Weise durch Subtraktion und zu wiederholten Malen so oft abgezogen wird, bis Nichts (0) übrig bleibt, wie viel Ziffern zu schreiben wird hierzu erfordert?

ALBRECHT EULERS Auflösung der Aufgabe: Aus der gegebenen Höhe des Kegels die Figur seiner Grundfläche zu finden, so dass der körperliche Innhalt desselben unter allen andern von gleicher Oberfläche der grösste sey. **[10**

Abhandl. der Churf. baier. Akademie, **2**, 2. Teil, München 1764, S. 37—60. — Nach C. G. J. JACOBI wurde eine Abhandlung mit dem Titel: Problema: data altitudine coni determinare figuram basis ut conus inter omnes alios eiusdem superficiei maximam habeat soliditatem! am 17. Februar 1757 der Berliner Akademie vorgelegt.

1765.

Recherches des mouvemens d'un globe sur un plan horizontal. Par M. J. A. EULER. **[11**

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [14] (1758), 1765, S. 284—353 + 2 Taf. — Nach C. G. J. JACOBI wurde eine Abhandlung mit diesem Titel am 5. Oktober und 21. Dezember 1758 der Berliner Akademie vorgelegt. — Fortsetzung siehe **1767** No. 17.

Johann Albrecht Eulers Abhandlung von der Bewegung ebener Flächen, wenn sie vom Winde getrieben werden. [12

Abhandl. der Churf. baier. Akademie, **3**, 2. Teil, München 1765, S. 3—45. — Nach C. G. J. Jacobi wurde eine Abhandlung mit dem Titel: De motu plani a vento abrepti am 10. Mai 1757 der Berliner Akademie vorgelegt. — [Résumé:] Vorrede zum ganzen Bande, S. 7—8.

Eben dieses Autors Abhandlung: Von der Abbildung der Gegenstände durch sphärische Spiegel. [13

Abhandl. der Churf. baier. Akademie, **3**, 2. Teil, München, 1765, S. 46—71. — [Résumé:] Vorrede zum ganzen Bande, S. 8.

1766.

Recherches sur le dérangement du mouvement d'une Planète par l'action d'une autre Planète, ou d'une Comète. Par M. J. A. Euler. [14

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**15**] (1759), 1766, S. 338—364 + 1 Taf. — Nach C. G. J. Jacobi wurde eine Abhandlung mit diesem Titel am 19. Juli 1759 der Berliner Akademie vorgelegt.

Sur les diverses manières de faire avancer les vaisseaux, sans employer la force du vent. Par M. J. A. Euler. Traduit du latin. [15

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**20**] (1764), 1766, S. 240—294 + 3 Taf. — Enthält ausser der Einleitung (S. 240—245) zwei Teile: I. Partie: Des forces qui naissent de la percussion de l'eau (S. 245—263), II. Partie: Des forces qui naissent de la réaction de l'eau (S. 263—294). — Nach C. G. J. Jacobi wurde eine Abhandlung mit dem Titel: De promotione navium sine vi venti am 3. Nov. 1763, 15. und 24. März 1764 der Berliner Akademie vorgelegt.

1767.

Sur le tems de la chute d'un corps attiré vers un centre de forces en raison réciproque des distances. Par M. J. A. Euler. Traduit du latin. [16

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**16**] (1760), 1767, S. 250—260. — Nach C. G. J. Jacobi wurde eine Abhandlung mit dem Titel: De tempore descensus corporis ad centrum virium in ratione reciproca distantiarum attracti am 10. April 1755 der Berliner Akademie vorgelegt.

Du mouvement d'un globe sur un plan horizontal. Mémoire second. Par M. J. A. Euler. [17

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**16**] (1760), 1767, S. 261—284 + 1 Taf. — Nach C. G. J. Jacobi wurde eine Abhandlung mit dem Titel: Sur le mouvement d'un globe sur un plan horizontal am 20. Nov. und 4. Dez. 1760 der Berliner Akademie vorgelegt. — Fortsetzung der Abhandlung **1765**, Nr. 11.

Recherches des forces dont les corps celestes sont sollicités en tant qu'il ne sont pas sphériques. Par M. J. A. Euler. [18

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [21] (1765), 1767, S. 414—432 + 1 Taf. — Nach C. G. J. JACOBI wurde eine Abhandlung mit diesem Titel am 7. Nov. 1765 der Berliner Akademie vorgelegt; eine Abhandlung des gleichen Titels war bereits am 23. Nov. 1758 von LEONHARD EULER vorgelegt worden.

JOHANN ALBRECHT EULERS Beantwortung über die Preisfrage: In was für einer Verhältniss sowohl die mittlere Bewegung des Monds, als auch seine mittlere Entfernung von der Erde mit den Kräften stehen, die auf den Mond wirken. Diese Schrift hat 1762 den Preis erhalten. [19

Abhandl. der Churf. baier. Akademie, **4**, 2. Teil, München 1767, S. 231—270. — Motto: „Laetus in praesens animus, quod ultra sit, oderit curare." Den zweiten Preis erhielt G. Kratz, Professor der Mathematik in Ingolstadt. Erster Theil: Von den Kräften, welche auf den Mond wirken (S. 234—253); zweiter Theil: Von der Verhältniss der mittleren Bewegung des Monds zu seiner mittleren Entfernung von der Erde (S. 254—270). — Nach C. G. J. JACOBI wurde eine Abhandlung mit ungefähr demselben Titel am 6. Mai 1762 der Berliner Akademie vorgelegt. — (Résumé:) Vorrede zu dem ganzen Bande, S. 7—9.

1768.

Recherches sur des lentilles objectives faites d'eau et de verre, qui représentent les objets distinctement et sans aucune confusion des couleurs. Par M. I. A. EULER. Traduit du latin. [20

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**17**] (1761), 1768, S. 231—264 + 6 Fig. — Nach der Bemerkung S. 231 am 9. April 1761 gelesen. — Das lateinische Original und die Handschrift der französischen Übersetzung sind nach C. G. J. JACOBI in dem Archiv der Berliner Akademie vorhanden.

Projet de quelques nouvelles expériences à faire, dont l'idée m'est venu en examinant les différens fourneaux qui ont été recommandés au grand-directoire comme les meilleurs rélativement à l'épargne du bois. Par M. J. ALBERT EULER. [21

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**22**] (1766), 1768, S. 302—333. — Nach der Bemerkung S. 302 am 18. April 1765 gelesen; die Seiten 319—333 enthalten eine *Addition,* die nach der Bemerkung S. 319 am 9. Mai 1765 gelesen worden ist.

Réflexions sur la variation de la Lune. Par M. J. A. EULER. [22

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**22**] (1766), 1768, S. 334—353 + 1 Fig. — Nach der Bemerkung S. 334 am 17. April 1766 gelesen. — [Rezension:] JEAN BERNOULLI, Recueil pour les astronomes, 1, 1771, S. 80—81.

J. ALBRECHT EULERS Auflösung einiger geometrischen Aufgaben. [23

Abhandl. der Churf. baier. Akademie, **5**, München 1768, S. 165—196. — [Résumé:] Vorrede, S. 4.

J. ALBRECHT EULERS Versuch die Figur der Erden durch Beobachtungen des Monds zu bestimmen. [24

Abhandl. der Churf. baier. Akademie. **5**, 1768, S. 197—214 — [Résumé:] Vorrede S. 4—5.

J. ALBRECHT EULERS Nachricht von einer besondern magnetischen Sonnenuhr. [25

Abhandl. der Churf. baier. Akademie. **5**. 1768. S. 215—221. — Das Instrument war von einem Mechanikus Stegmann in Cassel verfertigt worden. — [Résumé:] Vorrede, S. 5.

De rotatione solis circa axem ex motu macularum apparente determinanda. Auctore IOH. ALBERTO EULER. [26

Novi comment. acad. sc. Petrop. **12** (1766/67), 1768, S. 273—286. — Nach den Akten am 5. Oktober 1767 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 24—25. — [Rezension:] JEAN BERNOULLI, Recueil pour les astronomes, 1, 1771, S. 85—86.

1769.

Recherches sur l'arrimage des vaisseaux, et quelles bonnes qualités on en peut procurer à un Vaisseau. Prix de 1761. Par M. JEAN-ALBERT EULER. [27

Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie royale des sciences, depuis leur fondation, **7**, Paris 1769. 56 Seiten + 1 Tafel. — Motto: „Ipsi numerumque locumque carinis Praecipiunt onerum . . . VIRG." Der Preis wurde zwischen J. A. EULER und BOSSUT geteilt. — Enthält ausser der Einleitung (S. 3—6) drei Teile: I. Des changements causés dans la hauteur du centre de gravité du vaisseau (S. 7—13). II. Des avantages qu'on peut retirer en changeant le moment d'inertie du vaisseau par rapport à l'axe vertical (S. 13—19). III. Des avantages qu'on peut retirer en changeant le moment d'inertie par rapport aux axes horisontaux (S. 19—23) sowie eine *Conclusion* (S. 23—56), in der die Drehung eines starren Körpers um einen festen Punkt behandelt wird.

Sur la réfraction des fluides. Par M. J. A. EULER. [28

Mém. de l'acad. d. sc. de Berlin [**18**], (1762), 1769, S. 279—342 + 2 Fig. — Die Abhandlung besteht aus 5 Teilen: Premier Mémoire sur la réfraction des fluides, S. 279—301, nach der Bemerkung auf S. 279 gelesen am 1. Okt. 1761; Second Mémoire. Expériences sur la quantité de réfraction des fluides, S. 302—310, nach der Bemerkung S. 302 gelesen am 1. Okt. 1761. Troisième Mémoire sur la réfraction des fluides, S. 311—317, nach der Bemerkung S. 311 gelesen am 21. Januar 1762. Quatrième Mémoire. Expériences sur la réfraction de quelques fluides, S. 318—327, nach der Bemerkung S. 318 gelesen am 21. Januar 1762. Cinquième Mémoire. De l'influence de la chaleur sur la réfraction des fluides, S. 328—342, nach der Bemerkung S. 328 gelesen am 11. März 1762.

1770.

Summarium observationum meteorologicarum Petropoli per singulos menses anni 1769 factarum. Auctore I. ALBERTO EULER. [**29**

Novi comment. acad. sc. Petrop. **14** (1769): II, 1770, S. 627—638 + 1 Taf. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 19—20.

1771.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli A. 1770 St. Vet. institutarum. Auctore IOAN. ALBERTO EULER. [**30**

Novi comment. acad. sc. Petrop. **15** (1770), 1771, S. 676—683. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 56—57.

Siehe **1762** (No. **8a**, Wiederabdruck der Pariser Abhandlung über den Wiederstand des Äthers).

1772.

Theoria motuum lunae, nova methodo pertractata una cum tabulis astronomicis, unde ad quodvis tempus loca lunae expedite computari possunt incredibili studio ac indefesso labore trium academicorum: JOHANNIS ALBERTI EULER, WOLFFGANGI LUDOVICI KRAFFT, JOHANNIS ANDREAE LEXELL. Opus dirigente LEONHARDO EULERO acad. scient. Borussicae directore vicennali et socio acad. Petrop. Parisin. et Lond. Petropoli, typis academiae imperialis scientiarum. 1772. [**31**

4°, (16) + 775 S. + 1 Taf. — Nach den Akten der Petersburger Akademie am 20. Oktober 1768 vorgelegt. — Weiteres in dem *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers* von G. ENESTRÖM, S. 128, **1772,** No. 418.

A Deduction of the Quantity of the Sun's Parallax from the Comparison of the several Observations of the late Transit of Venus, made in Europe, with those made in George Island in the South Sea: Communicated by Mr. EULER jun. Secretary of the Imperial Academy of Petersburg; in a Letter to CHARLES MORTON, M. D., Sec. R. S. and Acad. Imper. Petroburg (!), &c. Soc. [**32**

Phil. Trans. **62,** London 1772, S. 69—76. — Nach der Bemerkung S. 69 ist der Brief am 5. März 1772 verlesen worden; er ist in lateinischer Sprache geschrieben.

Epitome observationum meteorologicarum, quas anno 1771 secundum Calendarium Julianum Petropoli instituit Auctor IOANNES ALBERTUS EULER. [**33**

Novi comment. acad. sc. Petrop. **16,** 1772, S. 693—710. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 60—61.

1773.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1772 secundum Calendarium correctum institutarum, cui accedunt observationes nonnullae circa tempus, quo flumen Neva glacie obducitur et iterum ab ea liberatur. Auctore I. ALBERTO EULERO. [34

Novi comment. acad. sc. Petrop. **17,** 1773, S. 706—722. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 54.

1774.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1773 secundum Calendarium correctum institutarum. Auctore IOANNE ALBERTO EULER. [35

Novi comment. acad. sc. Petrop. **18,** 1774, S. 656—675. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 63—64. — [Rezension:] JEAN BERNOULLI, Recueil des astronomes, 3, 1776, S. 325—326.

1775.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1774 secundum Calendarium correctum institutarum. Auctore IOANNE ALBERTO EULER. [36

Novi comment. acad. sc. Petrop. **19,** 1775, S. 639—653. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 72.

[Artikel in der Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des connaissances humaines mis en ordre par M. DE FELICE. 42 Bände. Yverdon, 1770—1775.] [37

Nach einer Mitteilung von Herrn CH. JACCOTTET enthält dieses Werk zwei von J. A. EULER gelieferte Artikel: *Force,* vol. XX, S. 84—86 und *Vibration des cordes,* vol. XLII, S. 264—270. Sie sind mit den Buchstaben J. A. E. gezeichnet; dass sie von dem jüngeren EULER herrühren, ergibt sich aus einer Bemerkung am Schlusse des Bandes X der Tafeln: „(A. E. et J. A. E.) C'est ainsi que les articles de physique et de mathématiques fournis par les célèbres Mrs. EULER, pere et fils, sont marqués. Nous n'en dirons pas davantage.“ — Die *Procès-verbaux* der Petersburger Akademie, Tome III, 1771—1785 (St. Petersburg 1900, S. 526) enthalten die Notiz, dass J. A. Euler am 26. April 1781 eine *Addition à l'article de l'Encyclopédie: Caractères de la divisibilité sans reste* vorgelegt hat.

1776.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1775 secundum Calendarium correctum institutarum. Auctore IOANNE ALBERTO EULER. [38

Novi comment. acad. sc. Petrop. **20,** 1776, S. 626—643. — [Résumé:] A. a. O., Summarium dissertationum, S. 75—76.

1777.

Réponse à la question proposée par l'académie royale de Paris, pour l'année 1770. Perfectionner les méthodes sur lesquelles est fondée la théorie de la lune, de fixer par ce moyen celles des équations de ce satellite, qui sont encore incertaines, et d'examiner en particulier si l'on peut rendre raison, par cette théorie de l'équation séculaire du mouvement de la lune. **[39**

Recueil des pièces qui ont remporte les prix de l'académie royale des sciences **9,** Paris 1777, 94 S. — Motto: „Errantemque canit lunam." — S. 94 wird angegeben: cette pièce est de M. EULER; nach dem Vorbericht des Bandes ist die Abhandlung jedoch gemeinsam von LEONHARD und JOHANN ALBRECHT EULER verfasst. Vgl. das *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers* von G. ENESTRÖM, S. 143, **1777,** No. 485.

1778.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1776 secundum Calendarium correctum institutarum. Auctore IOANNE ALBERTO EULER. **[40**

Acta acad. sc. Petrop. 1777: I, gedruckt 1778, S. 370—384. — [Résumé:] A. a. O. Histoire, S. 90—92; es folgt S. 93—95 eine Comparaison des cinq derniers hyvers Années 1772/73—1776/77.

1780.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1777 secundum Calendarium Gregorianum institutarum. Auctore IOANNE ALBERTO EULER. **[41**

Acta acad. sc. Petrop. 1777: II, gedruckt 1780, S. 381—395. — Die Histoire. A. a. O. S. 73—75, enthält eine Comparaison des cinq derniers étés Années 1773—1777.

1781.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1778 secundum Calendarium Gregorianum institutarum. Auctore IOANNE ALBERTO EULER. **[42**

Acta acad. sc. Petrop. 1778: II, gedruckt 1781, S. 345—358. — Die Histoire, A. a. O. 1778: I, gedruckt 1780, S. 46—49 enthält einen Bericht: Hyver de 1777 à 1778; darauf folgt: État du baromètre pour chaque mois des années 1772—1777, S. 50—54, État du Thermomètre pour chaque mois des années 1772—1777, S. 55—60, État de l'Athmosphère pour chaque mois des années 1772—1777, S. 61—65. Die Histoire A. a. O. 1778: II, gedruckt 1781, S. 89—92 enthält einen Bericht: Été de 1778 suivant le nouveau Stile.

1782.

Ad dissertationem Patris de tribus numeris, quorum tam summa quam productum ex binis sit quadratum commentatio. Auctore I. A. Euler. [43

Acta acad. sc. Petrop. 1779: I, gedruckt 1782, S. 40—48. — Nach den Akten am 5. Oktober 1780 der Petersburger Akademie vorgelegt. — Anhang zu der Abhandlung Leonhard Eulers: De tribus numeris quadratis, quorum tam summa quam productum ex binis sit quadratum, A. a. O., S. 30—39, die am 7. Sept. 1780 der Petersburger Akademie vorgelegt wurde; vgl. das *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers* von G. Eneström, S. 149, **1782.** No. 523. [Wieder abgedruckt:] Comment. arithm. **2,** 1849, S. 462—466 [**43 a**].

1783.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1779 secundum Calendarium Gregorianum institutarum. Auctore Ioanne Alberto Euler. [44

Acta acad. sc. Petrop. 1779: II, gedruckt 1783, S. 400—414. — Die Histoire, A. a. O. 1779: I, gedruckt 1782, S. 72—76 enthält einen Bericht: Hyver de 1778 à 1779, die Histoire, A. a. O. 1779: II, gedruckt 1783, S. 14—17: Eté de 1779.

1784.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1780 secundum Calendarium Gregorianum institutarum. Auctore Ioanne Alberto Euler. [45

Acta acad. sc. Petrop. 1780: II, gedruckt 1784, S. 382—396. — Die Histoire, A. a. O. 1780: I, gedruckt 1783, S. 5—9 enthält einen Bericht: Hyver de 1779 à 1780, suivant le nouveau stile, die Histoire, A. a. O. 1780: II, gedruckt 1784, S. 103—105: Eté de 1780, d'après les observations faites à St. Pétersbourg, suivant le nouveau stile.

1785.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1781 secundum Calendarium Gregorianum institutarum. Auctore Ioanne Alberto Euler. [46

Acta acad. sc. Petrop. 1781: II, gedruckt 1785, S. 396—410. — Die Histoire, A. a. O. 1781: I, gedruckt 1784, S. 19—23 enthält einen Bericht: Hyver de 1780 à 1781, suivant le nouveau stile, die Histoire, A. a. O. 1781: II, gedruckt 1785, S. 12—16: Eté de 1781 suivant le nouveau Stile.

1786.

Epitome observationum meteorologicarum Petropoli anno 1782 secundum Calendarium Gregorianum institutarum. Auctore Ioanne Alberto Euler. [47

Acta acad. sc. Petrop. 1782: II, gedruckt 1786, S. 360—372. — Die Histoire, A. a. O. 1782: I, gedruckt 1786, S. 78—83 enthält einen Bericht: Hyver de 1781 à 1782, suivant le nouveau Stile, die Histoire, A. a. O. 1782: II, gedruckt 1786, S. 14—19: Été de 1782 suivant le nouveau Stile, S. 20—24: Hyver de 1782 à 1783 suivant le nouveau Stile.

1787.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg Année 1783. [48

Nova acta acad. sc. Petrop. **1** (1783), 1787, S. 401—418. — Nach der Bemerkung S. 401 am 18. März 1787 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire S. 266—272.

1788.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'Année 1784. Suivant le nouveau Stile. [49

Nova acta acad. sc. Petrop. **2** (1784), 1788, S. 288—303. — Nach der Bemerkung S. 288 am 15. Okt. 1787 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 99—106.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'Année 1785. Suivant le nouveau Stile. [50

Nova acta acad. sc. Petrop. **3** (1785), 1788, S. 307—322. — Nach der Bemerkung S. 307 am 24. April 1788 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 199—205.

1789.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'Année 1786. Suivant le nouveau Stile. [51

Nova acta acad. sc. Petrop. **4** (1786), 1789, S. 306—326. — Die Seiten 321—326 enthalten ein Supplément, in dem die Beobachtungen der letzten 14 Jahre zusammengestellt sind. — Nach der Bemerkung S. 306 am 30. Okt. 1788 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 134—139.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'Année 1787. Suivant le nouveau Stile. [52

Nova acta acad. sc. Petrop. **5** (1787), 1789, S. 304—320. — Nach der Bemerkung S. 304 am 9. Juli 1788 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 93—96.

1790.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'Année 1788. Suivant le nouveau Stile. [53

Nova acta acad. sc. Petrop. **6** (1788), 1790, S. 330—338, vielmehr 348, auf Seite 346 folgen zwei Seiten, die fälschlich mit den Zahlen 337 und 338 versehen sind. — Nach der Bemerkung S. 330 am 9. Juli 1789 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 116—118.

1793.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'Année 1789. Suivant le nouveau Stile. [54

Nova acta acad. sc. Petrop. **7** (1789), 1793, S. 390—408. — Nach der Bemerkung S. 390 am 7. Januar 1790 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 68—69.

1794.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'Année 1790. D'après le nouveau Stile. [55

Nova acta acad. sc. Petrop. **8** (1790), 1794, S. 389—411. — Nach der Bemerkung S. 389 am 3. März 1791 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 80.

1795.

Extraits des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en 1791. D'après le nouveau Stile. [56

Nova acta acad. sc. Petrop. **9** (1791), 1795, S. 372—392. — Nach der Bemerkung S. 372 am 17. Mai 1792 der Petersburger Akademie vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 195—196.

Résumé des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg depuis 1771 jusqu'à 1792 comprenant un intervalle de vingt ans. Par J. Albert Euler. [57

Nova acta acad. sc. Petrop. **9** (1791), 1795, S. 393—447. — Nach der Bemerkung S. 393 der Petersburger Akademie am 16. Mai 1792 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 196—198.

1797.

Extrait des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg Année 1792. D'après le nouveau Stile. [58

Nova acta acad. sc. Petrop. **10** (1792), 1797, S. 486—506. — Nach der Bemerkung S. 486 der Petersburger Akademie am 6. Mai 1793 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 252 (nur Titel).

1798.

Extrait des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg Année 1793. D'après le nouveau Stile. [59

Nova acta acad. sc. Petrop. **11** (1793), 1798, S. 543—562. — Nach der Bemerkung S. 543 der Petersburger Akademie am 4. September 1794 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 203 (nur Titel).

1801.

Extrait des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg Année 1794 d'après le nouveau Stile. [60

Nova acta acad. sc. Petrop. **12** (1794), 1801, S. 508—525. — Nach der Bemerkung S. 508 der Petersburger Akademie am 19. Januar 1795 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 96.

Extrait des observations météorologiques faites en 1794 d'après le nouveau stile par Mr. le Conseiller de Collèges et Chevalier Stritter à Moscou. [61

Nova acta acad. sc. Petrop. **12** (1794), 1801, S. 526—536. — Nach der Bemerkung S. 526 der Petersburger Akademie am 24. August 1795 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 97; hier findet sich die Angabe: rédigé par M. J. A. Euler.

1802.

Extrait des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en l'année 1795. D'après le nouveau Stile. Par J. A. Euler. [62

Nova acta acad. sc. Petrop. **13** (1795/96), 1802, S. 565—582. — Nach der Bemerkung S. 565 der Petersburger Akademie am 11. Januar 1796 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 84—85.

Extrait des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en 1796 d'après le nouveau stile. Par J. A. Euler. [63

Nova acta acad. sc. Petrop. **13** (1795/96), 1802, S. 593—608. — Nach der Bemerkung S. 593 der Petersburger Akademie am 27. Januar 1797 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 86—87.

1805.

Extrait des observations météorologiques faites d'après le nouveau stile à St. Pétersbourg en 1797. [64

Nova acta acad. sc. Petrop. **14** (1797/98), 1805, S. 776—796. — Nach der Bemerkung S. 776 der Petersburger Akademie am 13. September 1798 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 93.

Extrait des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg en 1798 d'après le nouveau stile. [65

Nova acta acad. sc. Petrop. **14** (1797/98), 1805, S. 808/826. — Nach der Bemerkung S. 808 der Petersburger Akademie am 21. Februar 1799 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 94—95.

1806.

Extrait des observations météorologiques faites à St. Pétersbourg Année 1799 d'après le nouveau stile. [66

Nova acta acad. sc. Petrop. **15** (1799/1802), 1806, S. 550—564. — Nach der Bemerkung S. 550 der Petersburger Akademie am 23. April 1800 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 120.

Extrait parallèle des observations météorologiques faites d'après le nouveau stile à St. Pétersbourg et à Moscou en 1800. [67

Nova acta acad. sc. Petrop. **15** (1799/1802), 1806, S. 565—590. — Nach der Bemerkung S. 565 der Petersburger Akademie am 6. Mai 1801 vorgelegt. — [Résumé:] A. a. O., Histoire, S. 120; hier findet sich die Angabe, dass die Abhandlung von J. A. EULER begonnen, aber erst nach seinem Tode von INOCHODZOW vollendet worden ist.

1847.

[Zwei Briefe von JOHANN ALBRECHT EULER an A. G. KÄSTNER 1769.] [68

Veröffentlicht von R. WOLF in seinem Aufsatz: JOHANN ALBRECHT EULER. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern* 1847, S. 161 bis 164. — Die Briefe sind datiert: 26. Mai/6. Juni 1769 (S. 162—163), 1./12. September 1769 (S. 163—164). Die Originale scheinen 1847 im Besitz eines Dr. FRIEDLÄNDER zu Berlin gewesen zu sein. — [Wieder abgedruckt:] R. WOLF, *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz*, vierter Cyclus. Zürich 1862, S. 104, S. 120—121. [68a

1848.

Siehe **1782** (No. 42a).

1854.

[Achtzehn Briefe oder Auszüge aus Briefen von JOHANN ALBRECHT EULER an W. J. G. KARSTEN 1762—1766.] [69

Veröffentlicht von GUSTAV KARSTEN in dem Artikel: *Briefe von Leonhard Euler und von Joh. Alb. Euler an Wenzeslaus Joh. Gust. Karsten;* Allgemeine Monatsschrift für Wissenschaft und Literatur (Braunschweig) 1854, S. 341—349. — Die Briefe sind datiert: 17. August 1762 (S. 341—342), 26. Juli 1763 (S. 342), 20. August 1763 (S. 343), 3. September 1763 (S. 343), 5. November 1763 (S. 343), 21. Januar 1764 (S. 344), 11. Februar 1764 (S. 344—345), 17. Oktober 1764 (S. 345—346), undatiert [Anfang 1765] (S. 347), 6. April 1765 (S. 347), 30. April 1765 (S. 347), 28. Dezember 1765 (S. 348), 4. Februar 1766 (S. 348), 15. Februar 1766 (S. 348), 5. April 1766 (S. 348), 20. Mai 1766 (S. 349), 7. Juni 1766 (S. 349), 17. Oktober 1766 (S. 349). — Die Originale der Briefe sind jetzt im Besitz des Herrn LEONHARD WEBER in Kiel. — Vgl. das *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers* von G. ENESTRÖM, S. 201, **1854**, No. 803.

1859.

[Bruchstück eines Briefes von JOHANN ALBRECHT EULER an DANIEL BERNOULLI vom 7. Mai 1771.] [70

R. WOLF, *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz*, zweiter Cyklus. Zürich 1859, S. 208.

1860.

LEONHARDI EULERI Opera postuma mathematica et physica anno 1844 detecta quae academiae scientiarum Petropolitanae obtulerunt ejusque auspiciis ediderunt pronepotes PAULUS FUSS et NICOLAUS FUSS. Tomus prior. Petropoli 1862. [71

Die *Fragmenta ex adversariis deprompta* enthalten die folgenden, sämtlich dem ersten, von 1766 bis 1775 reichenden Bande der Adversaria entnommenen Fragmente, die J. A. EULER niedergeschrieben hat: 1 (S. 157), 15 (S. 174—177), 18—20 (S. 178—179), 36—38 (S. 203—205), 40 (S. 206), 42 (zum Teil), (S. 208), 45—47 (S. 213—215), 67 (zum Teil), (S. 230—231, 236, 238—240, 241—242), 68 (zum Teil), (S. 246), 84 (S. 263), 92 (S. 490), 99 (S. 496), 100 (fast ganz), (S. 497—502), 110 (S. 514—518).

1879.

[Brief von J. A. EULER an CONDORCET, 15./26. März 1778.] [72

Veröffentlicht von G. DARBOUX im *Bull. de sciences math.* (2) 3 (1879), S. 227—228.

Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Algerien

(Nordrand der Sahara, Grosser Atlas, Hochebene, Tell-Atlas, Mittelmeer).

Lichtklimatische Studien. III. Abhandlung.[1]

Von

E. Rübel.

Im Frühjahr 1910 organisierte Prof. Dr. Rikli seine dritte grosse naturwissenschaftliche Studienreise, und zwar nach Algerien. Neben den eigentlichen botanischen Studien versuchte ich wieder, wie auf Riklis zweiter Reise, nach den Canaren, einige Materialien zu sammeln über das Lichtklima. Von Algerien liegen bisher überhaupt noch keine Messungen vor; aus Nordafrika diejenigen Wiesners[2]) von Kairo, 28. Febr. bis 7. März 1894, und die von Strakosch[3]) aus Ägypten und Khartum im ägyptischen Sudan, 15. Febr. bis 3. März 1908.

Wie die Wärme und andere klimatologische Daten kann auch das Licht nicht vorausberechnet werden, sondern muss durch Messung empirisch erforscht werden. Die Messungen wurden nach der bekannten von Wiesner vereinfachten Bunsen-Roscoe-Methode gemacht, so dass die Zahlen vollkommen vergleichbar sind mit allen den sich mehrenden Messungen nach dieser Methode.[4])

---

[1]) Ich möchte nachträglich mit diesem Untertitel auch meine beiden früheren lichtklimatischen Publikationen bezeichnen: Rübel, Untersuchungen über das photochemische Klima des Berninahospizes. Lichtklimatische Studien. I Abhandlung. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 53. Jahrg. 1908. 78 S. — Rübel, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas der Canaren und des Ozeans. Lichtklimatische Studien. II. Abhandlung. Ebenda 54. Jahrg. 1909. 20 S.

[2]) Wiesner, Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg. Wiener Denkschriften 1896.

[3]) Strakosch, Ein Beitrag zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Ägypten und dem ägyptischen Sudan. Wiener Sitzungsberichte 1908.

[4]) Eine Beschreibung der Methode ist hier überflüssig, sie findet sich ausführlich bei Wiesner l. c. und bei Rübel l. c. 1908. Daselbst findet sich auch die Literatur bis 1907 zusammengestellt.

Chronologische Übersicht der Messungen.

Die angegebene Zeit ist überall Ortszeit. Die Bezeichnung der Sonnenbedeckung ist folgende:

S_0 Sonne vollständig bedeckt, so dass der Ort, wo sie sich befindet, nicht erkennbar ist;
S_1 Sonne nur als heller Schein am Himmel erkennbar;
S_2 Sonnenscheibe sichtbar, aber noch keinen Schatten werfend;
S_3 Sonne nur durch zarten Schleier verdeckt;
S_4 Sonne vollkommen frei erscheinend.

Für die Bewölkung benutzte ich die üblichen Zahlen: 0 vollständig wolkenlos bis 10 vollständig bedeckt.

Die Sonnenhöhen habe ich ausgerechnet nach der Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

worin h die Sonnenhöhe
φ die geographische Breite
δ die Sonnendeklination
t den Stundenwinkel bedeutet.

Es ist J_g die gesamte Lichtintensität
J_d die Intensität des diffusen Lichtes
J_s die Intensität des direkten Lichtes.

Wo es von Interesse ist, steht jeweilen beim Ort der Messung noch die Höhenangabe in Metern über Meer.

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
		17. März 1910						
12h	Marseille, Hafen, an Bord	43° 18′	4	0	45° 6′	680	340	340
1	Mittelmeer, an Bord	8	4	0	43	620	360	260
2	„ „ „	42° 58′	4	0	36	580	290	290
4	„ „ „	38	4	0	19	240	140	100
5	„ „ „	28	4	0	7	95	95	--
		18. März 1910						
11h	Mittelmeer, an Bord	39° 20′	4	2	47°	950	410	540
12	„ „ „	10	4	3	49° 38′	1020	370	650
1	„ „ „	0	4	1	47	900	360	540
2	„ „ „	38° 49′	3–4	7	41	680	400	280
3	„ „ „	39	0	9	32	280	280	—
5	„ „ „	18	2	6	10	190	190	—
		19. März 1910						
10h 30	Algier, am Strand	36° 46′	4	2	45°	1100	370	730
12	„	„			52° 26′	—	—	—

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
				25. März 1910				
10h	Blida, am Hang, 450 m	36° 29′	4	0	43°	720	240	480
11	„ „ „		4	0	52	900	-	—
11 45	„ „ „ 1000 m		4	1	54	1100	360	740
12	„ „ „				55° 5′	—	--	—
12 30	La Glacière 1200 m		4	1	54	1190	300	890
2	„		4	0	43	1100	290	810
2 30	„ 1300 m im tiefen Cedernwald				39	160		—
	„ daneben					900		
3	„ Grat, 1400 m		2	2	34	290	290	- -
4 30	Col de Chrea, Gipfel, 1550 m		4	2	17	360	180	180
				30. März 1910				
12	Oran	35° 42′	4	1	57° 50′	950	380	570
				31. März 1910				
8h 30	Naâma, 1150 m	33° 22′	0	10	32°	140	140	-
9 15	Mékalis, 1313 m		0	10	41	140	140	-
10 15	Aïn-Sefra, 1058 m	32° 50′	4	4	51	1100	410	690
12 15	Moghrar, 820 m	35	4	3	61	1000	410	590
2 15	Duveyrier		4	1	47	950	320	630
3	Beni-Ounif, 825 m	7	4	2	39	750	260	490
3 45	Mérirès		4	2	31	480	190	290
4 15	Bou-Aïèche		0	8	24	83	83	—
5	Ben-Zireg	32° 5′	4	3	14	220	120	100
5 45	Nassi-el-Haouari		1	2	4	52	52	—
				1. April 1910				
6h 30	Colomb-Bechar, 783 m, Wüste	31° 53′	0	10	8°	11	11	
6 45	„ „ „ „		0	10	11	18	18	—
7 30	„ „ „ „		0	10	22	65	65	
8	„ „ „ „		1	10	28	114	114	
9	„ „ „ „		0	10	40	65	65	
10	„ „ „ „		1	10	51	190	190	
11	„ „ „ „		0	10	59	143	143	—
12	„ „ „ „		0–1	10	62° 25′	190	190	-
1 40	„ „ „ „		3	4	54	640	320	320
2	„ „ „ „		2–3	4	51	410	370	40
3	„ „ „ „		4	1	40	710	280	430
4	„ „ „ „		3–4	1	28	480	240	240
5	„ „ „ „		4	1	15	290	190	100
5 45	„ „ „ „		1	1	5	83	65	18
6	„ „ „ „		1	1	2	35	35	—
6 15	„ „ „ „			1		9	9	—
				Lichtsumme		140	93	47

Stunde	Ort		Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
			2. April 1910						
6 h 30	Colomb-Bèchar, 783 m,	Wüste	31° 53′	4	2	8°	190	115	75
7	„	„	„	3	5	15	190	140	50
8	„	„	„	3–4	7	28	290	190	100
9	„	„	„	4	3	40	320	200	120
10	„	„	„	4	1	51	640	240	400
11	„	„	„	4	1	59	640	200	440
12	Hassi-el-Haouari	„		4	0	62° 48′	720	220	500
1	Ben-Zireg	„		4	0	59	620	200	420
2	Bou-Aièche	„		4	0	51	530	170	360
3	Beni-Ounif, 823 m	„	32° 7′	4	0	40	430	160	270
4	„	„		4	0	28	290	115	175
5	„	„		4	1	15	75	60	15
					Lichtsumme		206	84	122
			3. April 1910						
8 h	Beni-Ounif,	Wüste	32° 7′	2	2	28°	83	83	—
9	„	„	„	4	1	40	360	150	210
10	„	„	„	4	0	51	480	190	290
11	„	„	„	4	0	59	550	200	350
12	Col de Taghla,	„	„	4	0	62° 56′	650	200	450
1	„	„	„	4	0	59	570	190	380
2	„	„	„	4	0	51	440	150	290
3	Zenâga	„	„	4	0	40	240	115	125
4 30	Figuig,	Oase	„	4	1	22	150	100	50
					Lichtsumme		153	62	91
			4. April 1910						
9 h	Beni-Ounif, 823 m		32° 7′	3–4	3	41°	290	190	100
10	„	„	„	2	7	52	240	240	—
			5. April 1910						
9 h	Aïn-Sefra, 1060 m		32° 50′	4	0	40°	240	120	120
10	„	in den Dünen	„	4	0	51	300	150	150
11	„	„	„	4	0	59	580	150	430
12	„	„	„	4	0	63° 0′	580	150	430
2 30	„	„	„	4	1	46	300	100	200
3	„	„	„	4	1	40	260	100	160
4	„	„	„	4	0	28	200	100	100
5	„	„	„	4	0	16	115	100	15
					Lichtsumme ca.		136	50	86
			6. April 1910						
7 h	Aïn-Sefra,	1058 m	32° 50′	4	0	16°	115	90	25
8	„ in den Dünen,	1100 m	„	4	0	28	290	115	175
9	am Dj. Mekter,	1370 m	„	4	0	40	410	130	280

Stunde	Ort		Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
10	am Dj. Mekter,	1670 m	32° 50′	4	0	51	480	140	340
11	„ „	2000 m	„	4	0	60	680	160	520
12	Gipfel,	2060 m	„	4	0	63° 22′	1000	220	780
1	am Dj. Mekter, unfreier Horizont	1750 m	„	4	0	60	830	210	620
2	„ „	1740 m	„	4	0	51	640	160	480
3	„	1740 m	„	3	5	40	520	290	230
4	„	1400 m	„	4	3	28	480	190	290
5	in den Dünen	1140 m	„	4	1	16	190	115	75
					Lichtsumme		235	76	159

7. April 1910

Stunde	Ort		Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
8h	Aïn-Sefra, 1058 m		32° 50′	1	6	29°	115	115	–
10	Tiout			3	6	52	410	260	150
12	„			2	7	63° 41′	480	480	
3	„			3	9	41	410	360	50

8. April 1910

Stunde	Ort		Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
7h 30	Naâma,	1166 m		0	10	22°	115	115	—
8	El Harchaia			2	8	29	240	240	
8 45	Mecheria	1169 m		3–4	2	37	480	190	290
9 30	Krebazza			4	2	46	720	240	480
10	El Biod			4	1	52	730	240	490
11	Rezaina			4	0	59	900	240	660
12	Kreider,	988 m	34° 8′	4	0	62° 50′	1000	200	800
1	„		„	4	0	59	1000	200	800
2	„ Schott		„	4	1	51	1000	200	800
3 30	„ „		„	4	2	34	720	160	560
4	„ „		„	4	2	28	480	160	320
					Lichtsumme ca.		288	83	205

12. April 1910

Stunde	Ort		Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
8h	Tlemcen, Mansura,	1100 m	34° 53′	4	2	28°	400	200	200
9	„ Terni,	1200 m	„	4	1	40	800	210	590
10	„ „		„	4	0	51	900	230	670
11	„ „		„	4	0	60	1000	250	750
12	„ Wald Hafir,	1280 m	„			63° 34′			
1	„ „		„	4	1	60	900	240	660
3	„ Terni		„	4	2	40	530	160	370
4	„ „	1230 m	„	4	3	28	400	140	260

13. April 1910

Stunde	Ort		Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
3h	Lalla Marnia,	365 m	34° 51′	4	3	41°	960	320	640
4	„ „		„	3–4	3	29	480	240	240
5	„ „		„	4	3	16	190	140	50

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	J_g	J_d	J_s
		14. April 1910						
10h 30	Oudjda, 683 m	34° 41′	4	2	57°	750	230	520
12	„	„			64° 30′			
1	„	„	4	2	61	960	260	700
2	„	„	4	2	52	800	230	570
3	„	„	4	1	41	570	180	390

Wüste am Nordrand der Sahara.

Wiewohl die Messungen sich leider nur auf kurze Zeit erstrecken, lassen sich doch schon interessante Tatsachen ableiten, besonders unter Vergleichung mit den ägyptischen Messungen. Im Atlas muss scharf zwischen Berg und Tal unterschieden werden. Zwischen den Höhenzügen des Atlas liegen an unserer Bahnlinie keine eingeschlossenen Täler, sondern weitgedehnte Kieswüste. Gegen die Sahara hin rücken die Höhenzüge weiter auseinander und verlieren sich nach und nach. Es sollen darum die Zahlen von der Bergbesteigung des Djebel Mekter, eines der höchsten Berge im algerischen Sahara-Atlas, für sich betrachtet werden, diejenigen von Aïn-Sefra am Fuss des Berges hingegen können zusammengenommen werden mit den Zahlen von Colomb-Béchar in der nördlichen Sahara. Beide Orte liegen in weitgedehnter Kieswüste und besitzen grosse Dünenansammlungen, die losen Sand in Massen liefern.

Das charakteristische der Wüste ist die geringe Lichtintensität. Wiesner und Strakosch fanden dies in Ägypten, es bestätigt sich hier von neuem. Wiesner[1]) erwähnt: „ . . . dass der Grad der Regenhäufigkeit und Regenstärke die Intensität in dem Sinne beeinflussen dürfte, dass, unter sonst gleichen Verhältnissen, die Intensität eine desto grössere ist, je grösser die Regenhäufigkeit und Regenmenge ist. Je öfter und reichlicher der Regen niederfällt, desto mehr wird die Luft von festen, in derselben suspendierten Teilen befreit werden“.[2]) In dieser Vermutung, die auch Strakosch bekräftigt, liegt nun eine hübsche Bestätigung vor. Am 30. und 31. März 1910 regnete es im Atlas sehr stark. Durch die hiebei gereinigte Luft drang in Aïn-Sefra bei 51° Sonnenhöhe eine Lichtintensität von 1100. Nachher füllte sich in den trockenen, windigen

---

[1]) l. c. S. 71.

[2]) In den Alpen zeigen sich die höchsten Intensitäten nach reinigendem Schneefall. Siehe Rübel Berninahospiz l. c. und Dorno, Die mittägliche Ortshelligkeit von Davos im Jahre 1908. Schriften d. naturwissensch. Vereins f. Schleswig-Holstein. Bd. 14, Heft 2.

Tagen die Luft wieder mit suspendierten Teilen; am 5. April konnte sich die Lichtintensität trotz voller Sonne und höherem Sonnenstand (bis 63°) nicht über 580 erheben, also fast die Hälfte war verloren. In Colomb-Béchar war es am 1. April regnerisch, jedoch fiel nur feiner Regen, der den vom zugleich wehenden Wind suspendierten Staub nicht vollständig niederzuschlagen vermochte. Das Resultat davon zeigte sich in niederer Intensität. Als die Sonne wieder voll schien am 1. April um 3 Uhr, stieg die Lichtintensität bei 40° Sonnenhöhe nur auf 710, tags darauf bei 63° Sonnenhöhe nur auf 720, am 4. April in der Wüste um Beni-Ounif auf 650. Wir finden eine merkwürdige Übereinstimmung mit der Wüste in Ägypten, wo Strakosch während einer Reihe von Tagen in Kairo, Luxor und Assuan bei Sonnenhöhen von 51—55° regelmässig ein Tagesmaximum von 773 fand und Wiesner 1894 in Kairo Maxima von 666 (53° Sonnenhöhe), 714 (53°) und 600 (47°). Der Wüstencharakter drückt diesen Zahlen so den Stempel auf, dass der Unterschied der Höhenlage der Beobachtungsorte verschwindet. Die ägyptischen Messungen stammen aus geringer Meereshöhe, hingegen liegt Colomb-Béchar bei 783 m, Aïn-Sefra bei 1058 m (Schwellenhöhe der Bahn).

Bei der geringen Mittagshelligkeit vom 5. April war eine merkwürdige Färbung zu beobachten. Der hellgraue Anzug, sowie die braunen Hände erschienen vollkommen blau, die sonst grauen abgestorbenen Sträucher von Aristida pungens dunkel stahlblau und die Pappeln der Umgebung weissblau und dies nicht etwa nur meinen Augen, sondern auch denen der Kameraden.

Gehen wir über zu den Intensitäten bei bedecktem Himmel. Wir trafen wie gesagt in der Wüste gerade einen dort so seltenen Regentag und zwar nicht mit dem dort üblichen Platzregen, sondern mit echt nordischem zeitweiligen, feinen Regen. Dabei zeigte sich starke Dunkelheit trotz hohem Sonnenstand. Die Mittagsintensität von 190 bei 62° Sonnenhöhe wurde in Wien in den Jahren 1893 und 1894 nur zweimal unterboten mit 121 (65°) und 78 (57°); auf Berninahospiz mit 165 (61° und 65°) und 85 (67°), in Kremsmünster[1] mit 42 (62°, 23. Mai 1902) und erst die 65 bei 40° Sonnenhöhe überhaupt nur durch obige Messung in Kremsmünster, am nächsten kommen in Wien 74 (38° und 46°) auf Berninahospiz 69 (36°), 100 (42°).

Gehen wir über zu den Verhältnissen von diffusem und direktem Licht. Die Zerstreuung des Lichts durch die festen Teile in der Luft lassen ein Vorherrschen des diffusen Lichtes er-

[1] Schwab, Über das photochemische Klima von Kremsmünster. Wiener Denkschriften, Bd. 74, 1904.

warten, die ziemlich beträchtliche Höhe von 1000 m. ü. M. wirkt diesem entgegen. Leider haben Wiesner und Strakosch diese Lichtarten nicht gemessen; es wäre ein Vergleich mit Ägypten sehr interessant gewesen, wo der Wüstenfaktor ohne Beeinträchtigung durch den Höhenfaktor vorliegt. Das direkte Licht erreichte die Stärke des diffusen mehrere Mal bei 28° Sonnenhöhe und auch schon vorher, einmal war es aber noch bei 51° (5. April 10^h) gleich (zum Vergleich: $J_d = J_s$ in Wien durchschnittlich bei 57°, Lissabon 51°, auf dem Meer [an der marokkanischem Westküste] bei 29°, Berninahospiz bei 16°). Wir haben also Ähnlichkeit mit den Verhältnissen auf dem Meeresniveau, doch ändert sich dies bei den höhern Sonnenständen. Auf dem Meere erreicht das direkte Licht nur ausnahmsweise den doppelten Wert des diffusen, hier aber meistens zwischen 46° und 59° Sonnenhöhe und auch noch höhere Werte, so den 2½fachen (2. April 11^h 200 : 440 bei 59°; 12^h 220 : 500 bei 63°; 3. April 12^h 200 : 450 bei 63°), ja sogar fast den dreifachen (Aïn-Sefra 5. April 11^h und 12^h 150 : 430 bei 59° und 63°).

Ein Mass für die gesamte Lichtmenge des Tages gibt die **Lichtsumme.** Roscoe hat eine einfache Integrationsmethode angegeben, um aus stündlichen Lichtmessungen die Lichtsumme zu berechnen: Es wird die Fläche berechnet, welche die Tageskurve der Lichtintensität mit der Abscissenachse bildet, auf der die Tagesstunden abgetragen sind. Vergleicht man diese Fläche mit einem Rechteck von der Grundlinie 24 (= der Zahl der Stunden des Tages) und der Höhe der Intensitätseinheit und setzt diese Rechteckfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus. Es bedeutet:

S_g = Lichtsumme des Gesamtlichtes,
S_d = „ „ diffusen Lichtes,
S_s = „ „ direkten Lichtes.

In der Wüste ergaben sich folgende Zahlen:

	Tagesmittel		Max.			
Datum	Sonne	Bew.	Sonnenhöhe	S_g	S_d	S_s
2. April	4	1,7	62° 48′	206	84	122
3. „	4	0,4	62° 56′	153	62	91
5. „	4	0,3	63° 0′	136	50	86

Geographische Breite 32° und 33°.

In ähnlicher geographischer Breite zeigten sonnige Tage auf dem Ozean:[1])

Datum	S	B	Max. h	S_g	S_d	S_s
24. März 1908	4,0	0,5	57° 25′	312	129	183
28. "	3,3	3,6	64° 13′	372	176	196
29. "	3,9	3,3	65° 7′	427	181	246

dagegen Kairo[2]) ($\varphi = 30^0$):

29. Febr. 1908	4,0	0,0	51° 49′	175
1. März 1908	4,0	2,8	52° 12′	177
2. "	4,0	0,8	52° 35′	175
3. "	4,0	0,1	52° 58′	177

Es zeigt sich sehr deutlich, wie gering das Licht der Wüste ist gegenüber dem des Ozeans. Die Zahlen der algerischen Sahara stimmen dagegen gut mit denen aus Ägypten, der erste Tag nach etwelchem Regen liegt höher, die späteren tiefer. Die Meereshöhe kommt in dem bedeutenden Anteil des direkten Lichtes zu starkem Ausdruck.

Grosser Atlas. Djebel Mekter 2060 m.

Die Besteigung dieses Höhepunktes des Atlas war zugleich auch ein Höhepunkt unserer Reise. Nach durchqueren des grossen Dünenzuges von Aïn-Sefra mit vorherrschender Aristida pungens gelangt man zum Fuss des Berges und sofort wechselt der Anblick. Der Berg trägt einen Gürtel von Halfa (*Stipa tenacissima*). Bei 1370 m erscheinen Rosmarin und andere Mittelmeerpflanzen, die hier Bergpflanzen geworden sind. Bei 1650 m setzt die Steineiche (*Quercus Ilex* var. *ballota*) ein, bei 1750 m verliert sich Halfa und der oberste Teil des Berges gehört dem Eichenbuschwald mit Juniperus phoenicea.

Der Gipfel bietet eine wundervolle Rundsicht; die Wüste dehnt sich auf allen Seiten ins unendliche wie das Meer, darin ziehen sich einzelne Höhenzüge hin mit vorgelagerter Dünenlandschaft. Von hier aus ist der Staubgehalt der Luft direkt sichtbar. Wie ein leichter Nebel liegt es auf der Niederung, nicht weiss, sondern sandgelb, und man hat den Eindruck, diese sandige Luftschicht reiche gerade bis zum Gipfel des Berges und verliere sich nach oben dann rasch. Das Blau des Himmels erscheint hier oben viel reiner. Gegen die trockenen Hochebenen im Norden liegt Aïn-Sefra ganz offen da, im Süden lagert der grosse Querriegel des Djebel Mekter mit den Sanddünen davor. Im Tale scheint einem die Lage der Dünen unerklärlich, von hier

[1]) nach Rubel 1909. [2]) nach Strakosch l. c.

oben ganz natürlich. Die sandigen Winde der Hochebene finden am Djebel Mekter Widerstand[1]) und lassen ihren Sand fallen (es ist die Länge der Düne der Breite des offenen Zugangs entsprechend), daher die grosse Trübheit der Luft gerade in den Dünen von Aïn-Sefra, die am 5. April bei vollem Sonnenschein und 63° Sonnenhöhe die so geringe Lichtintensität von 580 verschuldete. Beim Ansteigen am Berg vermehrt sich das Licht sehr rasch. Bei 1370 m (40° Sonnenhöhe) ist die Lichtintensität schon auf 410 gestiegen gegenüber 240 am Tage vorher im Tal, auf dem Gipfel 1000 gegenüber 580, also fast auf das doppelte. Vergleichen wir aber diese Zahl mit den Alpen, so erscheint sie immer noch klein: Auf dem Berninahospiz 2309 m haben wir bei S_4 und 60°—67° Sonnenhöhe Intensitäten von 900—1800, im Mittel 1323.

Bemerkenswert ist, dass das direkte Licht 3½ mal so stark ist, als das diffuse (780 : 220).

Die Intensitäten des Nachmittags sind viel höher als die des Vormittags. Es mögen dazu verschiedene unsichtbare Ursachen beitragen, doch eines scheint mir bemerkenswert als Stütze der oben dargelegten Dünenbildung. Die niedrigen Vormittagswerte stammen vom Aufstieg am Nordhang, wo die sandtrübe Luft anprallen soll, die höhern Werte des frühen Nachmittags hingegen vom Osthang, der windgeschützter ist.

Die Hochebene.

Zwischen dem kleinen und grossen Atlas dehnt sich von Tafaroua bis Mékalis in einer Breite von 220 km die Hochebene der Schotts 900—1300 m ü. M. Es ist die Gegend der Spiegelungen und Täuschungen. Vom Turm der Kaserne in Kreider sieht man ringsumher Salzseen erglänzen und doch soll die ganze Gegend trocken sein. Wir gehen zum grossen Salzsee. Eine Strecke vor mir sehe ich Kameraden das Ufer erreichen und doch weiter gehen. Sie wandeln auf den Wassern und spiegeln sich darin. Ich erreiche sie mitten im See, es ist absolut kein Wasser da, sondern einfacher, glatter, brauner, weicher Boden. Die Personen in 2—3 km Entfernung erscheinen so gross, wie sonst bei 2—300 m und ist man versucht, ihnen zuzurufen, ohne stark die Stimme zu erheben. Bei all diesen optischen Täuschungen gestalten sich nun die wirklichen Lichtintensitäten folgendermassen: Das Licht war bedeutend stärker als in der Wüste, sehr ähnlich demjenigen auf dem Berggipfel im Atlas. Besonders in bezug auf das Verhält-

[1]) Siehe Brockmann und Heim, Vegetationsbilder vom Nordrand der algerischen Sahara. Vegetationsbilder von Karsten und Schenck, 6. Reihe, Heft 4.

nis von direktem zu diffusem Licht zeigten die Zahlen der Hochebene alpine Verhältnisse. Schon bei 28° Sonnenhöhe war das direkte Licht in den Schotts doppelt so stark wie das diffuse, und bei 51°, 59°, 63° wurde sogar der vierfache Wert erreicht, ein sehr hoher Wert in Anbetracht dessen, dass der Ort doch nur 1000 m ü. M. liegt.

Tell-Atlas.

Im Tell-Atlas treffen wir die feuchten Mittelmeerwinde. Wir sind nicht mehr im extrem trockenen Land. Die häufigen Niederschläge bringen eine üppige Flora hervor, in Tlemcen finden wir neben Olive und Johannisbrot die heimatlichen Kirschen, Äpfel und Birnen. Die durch Regen gereinigte Luft lässt auch wieder mehr Licht durch und da wir uns in Tlemcen und Umgebung (14. April) wie in La Glacière-Chrea (25. März) in beträchtlicher Höhe befinden, zeigen die Intensitätswerte grosse Ähnlichkeit mit denen aus alpiner Höhe. In der Tat liegen die Zahlen innerhalb der Variationsbreite bei gleichen Sonnenhöhen auf dem Berninahospiz[1]) und zwar teils in der Nähe der Mittelzahlen, teils aber in der Nähe der tiefsten. Auch das Verhältnis des direkten zum diffusen Licht ist sehr ähnlich. Bemerkenswert ist, dass auf dem Col de Chrea 1550 m bei 17° Sonnenhöhe das direkte noch gleich hoch wie das diffuse war. In La Glacière erreichte das direkte fast den dreifachen Wert des diffusen, das Gesamtlicht mit **1190** den höchsten Wert aller meiner Afrikamessungen. In der Hochebene von Terni bei Tlemcen fanden wir ähnliche Zahlen. Das direkte Licht erreichte den dreifachen Wert des diffusen bei 60° Sonnenhöhe, bei 28° noch fast den doppelten (260 : 140).

Mittelmeer.

Über die auf dem Mittelmeer gemessenen Zahlen ist wenig zu sagen. Sie stimmen vollständig überein mit den vor zwei Jahren gemessenen, die damals ausführlich besprochen wurden, worauf ich verweise.[2])

Zusammenfassung der hauptsächlichsten Resultate.

1. Das Charakteristische der Wüste ist die geringe Lichtintensität bei vollem Sonnenschein.

2. Bei bedecktem Himmel kann in der Wüste die Intensität sehr gering werden (65 bei 40° Sonnenhöhe).

[1]) l. c.

[2]) Rübel 1909 l. c. zusammenfassende Tabelle S. 300.

3. Direkt nach Regen kann sie auch hier zu beträchtlicher Höhe steigen.

4. Der Nordrand der Sahara zeigt trotz der bedeutenden Meereshöhe in seinen Massen des Gesamtlichtes grosse Übereinstimmung mit Ägypten.

5. Das direkte Licht kann im hochgelegenen Nordrand der Sahara den 2,8 fachen Wert des diffusen erreichen, auf dem Atlas-Berggipfel den 3,5 fachen, auf der blendenden Hochebene der Schotts den vierfachen, im Tell-Atlas den dreifachen.

6. Das Licht auf dem Gipfel des Berges im grossen Atlas erreichte fast den doppelten Wert desjenigen des Tales, reicht hingegen noch lange nicht an durchschnittliche alpine Werte bei diesen Sonnenhöhen.

7. Die Zahlen des Gipfels im Sahara-Atlas (mit Sand in der Luft) bei 2000 m sind sehr ähnlich denjenigen von Hochebene und Tell-Atlas bei ca. 1000 m (ohne Sand in der Luft) bei ähnlichem, teilweise auch ziemlich niedrigerem Sonnenstand.

Absolute Messungen über den Peltier-Effekt.

Von

Emil Beck.

Einleitung.

In der vorliegenden Arbeit sollen absolute Messungen aus zwei Gebieten der Thermoelektrizität unternommen werden.

Wenn ein elektrischer Strom durch die Berührungsstelle zweier verschiedener Substanzen (z. B. zweier Metalle) fliesst, so tritt an dieser Stelle eine Wärmetönung auf, die nach ihrem Entdecker (1834) als Peltier-Effekt bezeichnet wird.

Die nächstliegende Frage gegenüber dieser Erscheinung ist wohl die: In welchem Zusammenhang steht die Grösse dieses Effektes mit der Stärke des Stromes?

Überblickt man nun die Reihe von Versuchen, die zur Beantwortung dieser Frage bis jetzt vorgenommen worden sind, so muss man sagen, dass eingehende, genaue und einwandfreie Messungen hierüber nicht vorliegen, wie die nachfolgende kurze Besprechung der vorliegenden Versuche zeigen soll. Wenn die bisherigen Resultate auch strenge Proportionalität zwischen Peltier-Effekt und Stromstärke sehr wahrscheinlich machen, so sind sie doch nicht genau genug, um diese Proportionalität scharf zu beweisen.

Quintus Icilius[1] (1853) und Frankenheim[2] (1854) waren die ersten, die diese Frage untersuchten. Sie benutzten ein sog. Peltier'sches Kreuz: Zwei Stäbe aus verschiedenem Metall sind in ihren Mitten aufeinander gelötet; die Enden sind einerseits mit einer Stromquelle, anderseits mit einem Galvanometer verbunden. Der durch den (primären) Strom der Stromquelle in der Lötstelle hervorgerufene Peltier-Effekt bewirkt in dem Galvanometerkreis einen

[1] Pogg. Ann. **89**, 377, 1853.
[2]) Pogg. Ann. **91**, 161, 1854.

(sekundären) Strom, dessen Stärke als ungefähres Mass für die Wärmetönung an der Lötstelle dienen kann. Nimmt man Proportionalität des Peltier-Effekts mit der Stromstärke an, so wird in jedem aus zwei verschiedenen Metallen bestehenden Leiter im ganzen eine Wärmemenge erzeugt von der Grösse:

$$W = a \cdot i^2 + b \cdot i$$

(es ist das positive oder negative Zeichen zu nehmen, je nach Richtung des Stromes). Nun haben die genannten Forscher einfach den sekundären Strom gemessen bei beiderlei Richtung des primären Stromes und den Schluss gezogen, dass die Differenz dieser sekundären Stromstärken direkt proportional den auftretenden Peltier-Effekten ist. Das ist aber nur angenähert der Fall, da die durch einen bestimmt grossen Peltier-Effekt hervorgerufene Temperaturerhöhung der Lötstelle wesentlich abhängt von der Wärmeleitfähigkeit und der spezifischen Wärme der Stabteile, sowie von der Wärmeabgabe nach aussen.

Ausser Le Roux[1]) (1867), der die Peltier-Effekte kalorimetrisch mass, hat dann Edlund[2]) (1870, 1871) unsere Frage untersucht, indem er sich speziell für diese Zwecke ein Differential-Thermometer konstruierte (von der Form wie Fig. 1 zeigt), in dessen beiden Behältern sich je eine Lötstelle eines Thermoelements befand. Schickte man durch das Thermoelement einen Strom, so entstanden wegen der verschiedenen Vorzeichen der beiden Peltier-Effekte verschieden starke Erwärmungen der Luft in den beiden Behältern, und aus der Grösse der Verschiebung eines Flüssigkeitsfadens in der Verbindungsröhre konnte man auf die Temperaturdifferenz schliessen. Edlund geht wieder aus von der obenstehenden Gleichung, indem auch er die Wärmeleitung ganz ausser Acht lässt und in der Temperaturerhöhung ein unmittelbares Mass für die entwickelte Wärmemenge erblickt. Er bestimmt, indem er den Strom in beiderlei Richtung durch das Thermoelement schickt und die Differenz der Ausschläge misst, nach einer meiner Meinung nach nicht einwandfreien Theorie des Differential-Thermometers die mittlere Temperaturerhöhung resp. -erniedrigung, die bei Abwesenheit des Joule-Effekts in der Luft eines jeden Behälters nur vom Peltier-

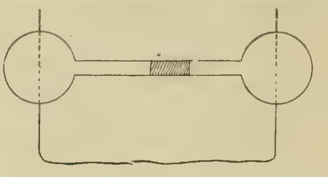


Fig. 1.

[1]) Ann. de chim. et phys. (4), **10**, 201, 1867.
[2]) Pogg. Ann. **140**, 435, 1870; **143**, 404, 501, 1871.

Effekt hervorgerufen würde. Die dieser Temperaturerhöhung entsprechende Wärmemenge wird dann bestimmt aus der Wärmemenge, die der Behälter nach aussen ausstrahlt, indem bei stationär gewordenem Zustand die während einer gewissen Zeit ausgestrahlte Wärme genau gleich ist der in der gleichen Zeit im Innern des Behälters entwickelten Wärmemenge. In dieser Art der Bestimmung liegt aber vor allem die Ungenauigkeit der Methode, denn erstens lassen sich ausgestrahlte Wärmemengen nie sehr genau messen und zweitens variiert die Temperatur der Luft in den Behältern von Stelle zu Stelle, so dass man immer nur mit Mitteltemperaturen operieren kann.

Sundell[1] (1873) hat ebenfalls mit solch einem Differential-Thermometer Versuche angestellt.

Bei allen genannten Untersuchungen wurden die Stromstärken nur relativ gemessen.

In neuester Zeit hat noch Lecher[2] (1906) im Anschluss an andere Messungen mit einem von ihm angegebenen Kalorimeter unsere Frage untersucht, jedoch unter Anwendung nur zweier verschiedener Stromstärken bis zur Ordnung 1 Ampère.

Unter solchen Umständen schien es mir wünschenswert, nochmals Messungen über diesen Gegenstand anzustellen unter Verwendung einer von den oben genannten gänzlich abweichenden Methode und unter Anwendung möglichst starker Ströme (bis 130 Ampères). Diesen Stromstärken entsprachen Stromdichten bis zu 1,4 Ampères pro 1 mm² Querschnitt. Ich war dabei bestrebt, sämtliche störenden Einflüsse und Korrektionen zu berücksichtigen, um auch eventuelle kleine Abweichungen von der Proportionalität zwischen Peltier-Effekt und Stromstärke nachweisen zu können.

Als zweites den Peltier-Effekt betreffendes Thema habe ich mir gestellt: Die Untersuchung eines Grundgesetzes der Thermoelektrizität, wie es sich aus den thermodynamischen Theorien von W. Thomson[3]) und Clausius[4])-Budde[5]) ergibt und wonach:

$$P = \frac{1}{J} i \cdot U \cdot \frac{dE}{dU}$$

sein soll. Hier bedeutet E die elektromotorische Kraft ($E. M. K.$) einer Kombination aus zwei Metallen, von der die eine Lötstelle auf O^0, die andere auf U^0 (unter U die absolute Temperatur verstanden)

[1]) Pogg. Ann. **149**, 144, 1873.
[2]) Wien. Ber. **115**, 186, 1906.
[3]) Edinb. proc. Dez. 1851 Edinb. trans. **21**, 1, 123, 1854 phil trans. **3**, 661, 1856 und 1875; phil. mag. (4) **11**, 214, 281, 1856.
[4]) Pogg. Ann. **90**, 513, 1853.
[5]) Pogg. Ann. **153** 343, 1874. Wied. Ann. **21**, 277, 1884. **30**, 664, 1887.

sich befindet, P der Peltier-Effekt an der letzteren Lötstelle, wenn durch sie der Strom i fliesst, J das mechanische Äquivalent der Kalorie.

Ist, wie in dieser Arbeit nachgewiesen wird, der Peltier-Effekt proportional der Stromstärke, so ist der dem Strom 1 entsprechende Peltier-Effekt:

$$\Pi = \frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}.$$

Thomson und Clausius-Budde leiten diese Beziehung ab, indem sie die thermoelektrischen Prozesse als reversibel betrachten und auf sie daher ohne weiteres die beiden Hauptsätze der Thermodynamik anwenden. Nun ist aber mit jedem thermoelektrischen Prozess Wärmeleitung, d. h. ein irreversibler Prozess, verbunden, und es fragt sich, ob man die in einer Thermokette vor sich gehende Elektrizitätsleitung und die auch immer gleichzeitig stattfindende Wärmeleitung als zwei Vorgänge ansehen darf, die von einander unabhängig sind, sich einfach superponieren, oder ob das nicht erlaubt ist. Budde, der die Theorie von Clausius weiter ausgebaut hat, glaubt zwar die Richtigkeit der ersteren Annahme beweisen zu können, indem er einen nur unendlich kurze Zeit dauernden thermoelektrischen Prozess betrachtet, bei dem man dann die Wärmeleitung ohne weiteres soll vernachlässigen dürfen. Doch bei dem innigen Zusammenhang zwischen Wärme- und Elektrizitätsleitung scheint diese Annahme vielleicht doch zweifelhaft.

Planck[1]) (1889), dessen Theorie der thermoelektrischen Erscheinungen auch ganz auf dem Boden der Thermodynamik steht, gelangt zu der gleichen Formel wie Thomson, Clausius und Budde, setzt aber eben auch die Möglichkeit einer Trennung der Vorgänge der Elektrizitäts- und Wärmeleitung voraus.

Boltzmann[2]) (1887) hat nun untersucht, — er bezeichnet seine Arbeit als einen Versuch — wie die Gleichung von Thomson-Clausius-Budde abgeändert würde, wenn man Elektrizitäts- und Wärmeleitung als mit einander verknüpfte Vorgänge betrachtet. Er gelangte zur Ungleichung:

$$\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU} - \Pi \leq 2\sqrt{k_1 \omega_1} U + 2\sqrt{k_2 \omega_2} U,$$

wobei k_1, k_2 die Wärmeleitfähigkeiten, ω_1, ω_2 die spezifischen Widerstände der beiden Metalle bedeuten.

[1]) Wied. Ann. **36**, 624, 1889.
[2]) Wien. Ber. **96**, 1258. 1887.

Die experimentelle Prüfung der ersten Gleichung Seite 106 ist also von wesentlicher Bedeutung und zwar nicht nur für die Zulässigkeit einer Theorie der Thermoelektrizität und für unsere Vorstellung von der Natur der thermoelektrischen Prozesse, sondern auch für das Problem der Arbeitsleistung durch Wärme überhaupt. Um aber das Gesetz auf die Untersuchung von Boltzmann hin zu prüfen, sind genaue Messungen erforderlich, da die Differenz $\left(\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU} - \Pi\right)$ vielleicht recht klein ist. Erst, wenn man eine ganze Reihe von Metallkombinationen untersucht und genaue Übereinstimmung zwischen $\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$ und Π gefunden hätte, würde man behaupten dürfen, dass die erste Gleichung Seite 106 den Tatsachen entspreche, dass also die Voraussetzungen von Thomson und Clausius-Budde gestattet seien.

Was nun die Resultate der bis jetzt vorliegenden experimentellen Untersuchungen anbelangt, so lassen sie die Frage noch ganz unentschieden.

Le Roux[1] (1867) fand zwischen den Werten von $\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$ u. Π im allgemeinen ähnlichen Gang, doch kamen auch Abweichungen bis zu 35 % vor.

Edlund[2] (1870, 1871) fand mit Hülfe der gleichen Methode, nach der er die Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke prüfte, zwischen beiden Grössen Abweichungen bis zu 60 %.

Naccari und Bellati[3] (1878, 1879) fanden auch grosse Differenzen.

Viele Forscher haben das Gesetz in der Weise geprüft, dass sie diejenigen Temperaturen bestimmten, für die Π und $\frac{dE}{dU} = 0$ werden, so z. B. Battelli[4] (1887), Bausenwein[5] (1904), La Rosa[6] (1904). Doch sind ihre Resultate nicht übereinstimmend.

Hier muss vor allem noch die Arbeit von Jahn[7] (1888) erwähnt werden, der an den gleichen Metallindividuen und innerhalb des gleichen Temperaturintervalls sowohl Π (mittelst Eiskalorimeter) als $\frac{dE}{dU}$ bestimmte. Er fand:

[1] Ann. de chim. (4) **10**, 201, 1867.
[2] Pogg. Ann. **140**, 435, 1870; **143**, 404, 1871.
[3] Atti del R. istituto Veneto [5] **4**, 1, 1878; [5] **5**, 58, 1879.
[4] Rend. d. Acad. dei Lincei (4) **3**, 404, 1887; **5**, 631, 1889.
[5] Wien. Ber. **113**, 663, 1904; **114**, 1625, 1905
[6] Rend. d. Acad. dei Lincei (5) **13**, 167, 1904.
[7] Wied. Ann. **34**, 755, 1888.

Kombination	Π	$\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$
Kupfer - Silber . . .	— 0,495	— 0,413
- Eisen . . .	— 2,64	— 3,163
- Platin . . .	+ 0,327	+ 0,320
- Zink . . .	— 0,353	0,585
- Kadmium . .	— 0,617	0,616
- Nickel . . .	+ 4,68	+ 4,362

Einheiten für Π: $\frac{\text{gr. Kal.}}{\text{Ampere} \cdot \text{Minute}}$

Aus den Resultaten dieser Tabelle auf die Gültigkeit des Gesetzes von Thomson-Clausius-Budde zu schliessen, ist nicht zulässig.

Unter solchen Umständen schien es mir geboten, die erste Gleichung Seite 106 nochmals einer experimentellen Prüfung zu unterziehen, und zwar wurde dazu eine Methode angewandt, die von den Methoden der oben genannten Forscher wesentlich abweicht; es ist dieselbe Methode, die ich zur Prüfung der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke benützte. In der vorliegenden Arbeit sind drei Metallkombinationen nach dieser Methode untersucht worden.

A. Theorie und Methode.

I. Methode zur Messung des Peltier-Effekts.

1. Ableitung der Grundgleichungen.

Zwei Stäbe aus verschiedenem Metall mit genau gleich grossem und gleich geformtem Querschnitt (z. B. kreisförmigem) seien an je einer ihrer ebenen normal zur Stabaxe stehenden Endflächen an einander gelötet, so dass diese genau aufeinander passen. Die beiden andern Endflächen, sowie die Umgebung der so entstandenen „Stabkombination" denken wir uns auf konstanter Temperatur gehalten, die wir zweckmässig als 0^0 annehmen wollen.

Senden wir nun durch die Stabkombination einen elektrischen Strom, so treten hierin dreierlei Wärme-Effekte auf, nämlich: 1. der infolge des Widerstandes der Stabteile entwickelte Joule-Effekt, 2. der an der Lötfläche der beiden Metalle auftretende Peltier-Effekt, 3. der durch die entstehenden Temperaturverschiedenheiten bedingte Thomson-Effekt. Während der erste Effekt unabhängig von der Stromrichtung ist, ändert der zweite und dritte sein Vorzeichen mit dieser.

Hält man die Stromintensität stets konstant, so wird schliesslich die Temperatur-Verteilung in der Stabkombination stationär werden, und es soll nun im Folgenden die Gleichung für diese stationäre Temperatur-Verteilung aufgestellt werden.

Die Stabkombination sei in ihren Querschnitts-Dimensionen so gewählt, dass die Flächen gleicher Temperatur-Ebenen senkrecht zur Stabaxe werden, die Temperatur also bloss Funktion einer Koordinate, der Abszisse des Stabes, ist.

Alle Grössen, die sich auf das erste resp. zweite Metall beziehen, sollen mit dem Index 1 resp. 2 versehen werden. Die Abszissen x_1 resp. x_2 wollen wir zählen von der Lötfläche der Stabkombination aus, positiv in der Richtung des betreffenden Stabteiles. —

Es seien zunächst folgende Annahmen gemacht:

Es sollen als unabhängig von der Temperatur, d. h. als konstant betrachtet werden: 1. der Widerstand, 2. die innere und äussere Wärmeleitfähigkeit eines jeden Stabteiles, 3. der Peltier-Effekt der Metallkombination. Ferner soll der Peltier-Effekt als bloss abhängig von der Stromstärke, und zwar derselben proportional gesetzt werden. Endlich soll der Thomson-Effekt vernachlässigt werden.

Wir wollen bezeichnen: den spezifischen Widerstand der Stabteile mit ω_1, ω_2, ihre innere Wärmeleitfähigkeit mit k_1, k_2, ihre äussere Wärmeleitfähigkeit mit h_1, h_2, ihre spezifische Wärme mit c_1, c_2, ihre Dichte mit ϱ_1, ϱ_2, ihren Querschnitt mit q, ihren Umfang mit p, ihre Längen mit l_1, l_2; i sei die Stromstärke, Π der der Stromstärke 1 entsprechende Peltier-Effekt, u die Temperatur, t die Zeit, J das mechanische Äquivalent der Kalorie.

Ist zur Zeit $t = 0$ die ganze Stabkombination auf der Temperatur 0° und lässt man von diesem Moment an den Strom i in bestimmter Richtung durch die Stabkombination fliessen, so müssen die veränderlichen Temperaturen u_1, u_2, wie man sich leicht überzeugt, folgenden Differentialgleichungen genügen:

$$
\begin{aligned}
k_1 q \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} - h_1 p u_1 + \frac{i^2 \omega_1}{J q} &= \varrho_1 c_1 q \frac{\partial u_1}{\partial t} \\
k_2 q \frac{\partial^2 u_2}{\partial x_2^2} - h_2 p u_2 + \frac{i^2 \omega_2}{J q} &= \varrho_2 c_2 q \frac{\partial u_2}{\partial t}
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

Hierzu treten die Grenzbedingungen:[1])

1. $x_1 = l_1 : u_1 = 0$ für alle t
2. $x_2 = l_2 : u_2 = 0$ für alle t
3. $x_1 = 0,\ x_2 = 0 : u_1 = u_2$ für alle t
4. $k_1 q \left(-\frac{\partial u_1}{\partial x_1}\right)_{x_1 = 0} + k_2 q \left(-\frac{\partial u_2}{\partial x_2}\right)_{x_2 = 0} = \Pi \cdot i$ (2)
5. $t = 0 : u_1 = 0$ für alle x_1
6. $t = 0 : u_2 = 0$ für alle x_2.

[1]) Nach den Vorlesungen von H. F. Weber über Wärmeleitung, Joule-Effekt, Peltier-Effekt und Thomson-Effekt.

Betrachten wir zunächst bloss den stationär gewordenen Zustand, so werden die Differentialgleichungen (1), wenn s die stationäre Temperatur bezeichnet:

$$(3)\qquad \begin{aligned} k_1 q \frac{d^2 s_1}{d x_1^2} - h_1 p s_1 + \frac{i^2 \omega_1}{J q} &= 0 \\ k_2 q \frac{d^2 s_2}{d x_2^2} - h_2 p s_2 + \frac{i^2 \omega_2}{J q} &= 0 \end{aligned}$$

mit den Grenzbedingungen:

$$(4)\qquad \begin{aligned} &1.\quad x_1 = l_1 \,:\, s_1 = 0 \\ &2.\quad x_2 = l_2 \,:\, s_2 = 0 \\ &3.\quad x_1 = 0,\ x_2 = 0 \,:\, s_1 = s_2 \\ &4.\quad k_1 q \left(-\frac{\partial s_1}{\partial x_1}\right)_{x_1 = 0} + k_2 q \left(-\frac{\partial s_2}{\partial x_2}\right)_{x_2 = 0} = \pm \Pi \cdot i. \end{aligned}$$

Die allgemeine Lösung von (3) ist, wie man sich leicht überzeugt:

$$(5)\qquad \begin{aligned} s_1 &= a_1 + A_1 e^{\lambda_1 x_1} + B_1 e^{-\lambda_1 x_1} \\ s_2 &= a_2 + A_2 e^{\lambda_2 x_2} + B_2 e^{-\lambda_2 x_2}, \end{aligned}$$

wobei:

$$a_1 = \frac{i^2 \omega_1}{J q h_1 p}\,; \quad \lambda_1 = \sqrt{\frac{h_1 p}{k_1 q}}$$

$$a_2 = \frac{i^2 \omega_2}{J q h_2 p}\,; \quad \lambda_2 = \sqrt{\frac{h_2 p}{k_2 q}},$$

und zur Bestimmung der Konstanten erhalten wir nach (4) die Gleichungen:

$$(6)\qquad \begin{aligned} 0 &= a_1 + A_1 e^{\lambda_1 l_1} + B_1 e^{-\lambda_1 l_1} \\ 0 &= a_2 + A_2 e^{\lambda_2 l_2} + B_2 e^{-\lambda_2 l_2} \\ a_1 + A_1 + B_1 &= a_2 + A_2 + B_2 \\ k_1 q \lambda_1 (A_1 - B_1) + k_2 q \lambda_2 (A_2 - B_2) &= \pm \Pi \cdot i. \end{aligned}$$

Berechnet man aus (6) A_1, A_2, B_1, B_2 in Determinantenform und setzt die Werte in die allgemeine Lösung (5) ein, so erhält man einen recht komplizierten Ausdruck für s_1 resp. s_2. Wie wir später sehen werden, interessiert uns vor allem die stationäre Temperatur in der Lötfläche der Stabkombination, und für diese würde man finden:

$$(7)\qquad S_+ = \frac{\dfrac{a_1 k_1 \lambda_1 (e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1} - 2)}{e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}} + \dfrac{a_2 k_2 \lambda_2 (e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2} - 2)}{e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}} \pm \Pi \dfrac{i}{q}}{\dfrac{k_1 \lambda_1 (e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1})}{e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}} + \dfrac{k_2 \lambda_2 (e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})}{e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}}},$$

S_+ und S_- je nach Stromrichtung.

Gleichung (7) lässt sich aber auf einfachere Weise auch folgendermassen finden, indem man gleich von der stationären Temperatur-

Verteilung ausgeht. Wir stellen dazu wieder (3) auf, fügen aber als Grenzgleichungen hinzu:

$$\begin{array}{ll} 1.\ x_1 = 0 : s_1 = S_+ ; & 1'.\ x_2 = 0 : s_2 = S_- \\ 2.\ x_1 = l_1 : s_1 = 0 ; & 2'.\ x_2 = l_2 : s_2 = 0. \end{array} \tag{8}$$

Diese, auf die allgemeine Lösung (5) angewandt, ergeben:

$$\begin{array}{ll} S_+ = a_1 + A_1 + B_1 ; & S_- = a_2 + A_2 + B_2 \\ 0 = a_1 + A_1 e^{\lambda_1 l_1} + B_1 e^{-\lambda_1 l_1} ; & 0 = a_2 + A_2 e^{\lambda_2 l_2} + B_2 e^{-\lambda_2 l_2}, \end{array} \tag{9}$$

und setzt man die hieraus berechneten A_1, A_2, B_1, B_2, in (5) ein, so wird:

$$\begin{aligned} s_1 &= \frac{i^2 \omega_1}{J q h_1 p} + \frac{(S_+ - a_1)\left[e^{\lambda_1 (l_1 - x_1)} - e^{-\lambda_1 (l_1 - x_1)}\right] + a_1 \left(e^{\lambda_1 x_1} - e^{-\lambda_1 x_1}\right)}{e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}} \\ s_2 &= \frac{i^2 \omega_2}{J q h_2 p} + \frac{(S_- - a_2)\left[e^{\lambda_2 (l_2 - x_2)} - e^{-\lambda_2 (l_2 - x_2)}\right] + a_2 \left(e^{\lambda_2 x_2} - e^{-\lambda_2 x_2}\right)}{e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}} \end{aligned} \tag{10}$$

Weil nun für die Lötfläche gilt:

$$k_1 q \left(-\frac{d s_1}{d x_1}\right)_{x_1 = 0} + k_2 q \left(-\frac{d s_2}{d x_2}\right)_{x_2 = 0} = \Pi \cdot i, \tag{11}$$

so erhalten wir durch Einsetzen von (10) in (11) wiederum die Gleichung (7) w. z. b. w.

Zwischen den Werten S_+ und S_- bei beiderlei Stromrichtung besteht nun eine verhältnismässig einfache Beziehung, die man leicht aus (7) erhält, nämlich:

$$\Pi = \frac{\Delta S \cdot q}{2 i} \left[\frac{k_1 \lambda_1 (e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1})}{e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}} + \frac{k_2 \lambda_2 (e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})}{e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}} \right], \tag{12}$$

wobei $\Delta S = S_+ - S_-$.

Dieses ist die Gleichung, die wir unseren Untersuchungen zu Grunde legen.

Sieht man von der äussern Wärmeleitung ab ($h_1 = h_2 = 0$), so wird (12):

$$\Pi = \frac{\Delta S \cdot q}{2 i} \left(\frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} \right). \tag{13}$$

Gleichung (12) kann in einfacher Weise dazu dienen, die Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke experimentell zu prüfen, denn, wenn der Peltier-Effekt wirklich proportional der Stromstärke ist, so müssen die Versuche für verschiedene Stromstärken ergeben:

$$\frac{\Delta S}{i} = \text{konst.} \tag{14}$$

Ferner dient aber (12) zur absoluten Messung von Π, wenn die Proportionalität mit dem Strome nachgewiesen ist. Man hat dazu einfach die Grösse ΔS zu messen.

Wir wollen aber die Theorie noch weiter verfolgen.

Es soll gezeigt werden, dass nicht nur für $x_1 = 0$ ($x_2 = 0$) eine Relation (14) existiert, sondern auch für jede andere Abszisse x_1 und x_2. Um das zu beweisen, gehen wir aus von (5) und (6). Rechnet man aus (6) A_1, A_2, B_1, B_2 in Determinantenform aus, so erkennt man sofort, dass jede dieser Konstanten eine lineare Funktion von Πi sein muss; dann erhält man aber durch Einsetzen in (5) für die positive Stromrichtung:

$$
(15) \qquad \begin{aligned} s_{1+} &= a_1(i^2) + (\alpha_1 + \alpha_1' \Pi i)\, e^{\lambda_1 x_1} + (\beta_1 + \beta_1' \Pi i)\, e^{-\lambda_1 x_1} \\ s_{2+} &= a_2(i^2) + (\alpha_2 + \alpha_2' \Pi i)\, e^{\lambda_2 x_2} + (\beta_2 + \beta_2' \Pi i)\, e^{-\lambda_2 x_2}, \end{aligned}
$$

wo α, β Grössen sind, die Π und i nicht enthalten, und wobei (i^2) andeuten soll, dass a_1 und a_2 i bloss in der zweiten Potenz enthalten. Für die andere Stromrichtung wird analog:

$$
(16) \qquad \begin{aligned} s_{1-} &= a_1(i^2) + (\alpha_1 - \alpha_1' \Pi i)\, e^{\lambda_1 x_1} + (\beta_1 - \beta_1' \Pi i)\, e^{-\lambda_1 x_1} \\ s_{2-} &= a_2(i^2) + (\alpha_2 - \alpha_2' \Pi i)\, e^{\lambda_2 x_2} + (\beta_2 - \beta_2' \Pi i)\, e^{-\lambda_2 x_2}. \end{aligned}
$$

Durch Kombination von (15) und (16) erhält man aber für dasselbe x_1 resp. x_2:

$$
(17) \qquad \frac{s_{1+} - s_{1-}}{i} = \textbf{konst.}; \quad \frac{s_{2+} - s_{2-}}{i} = \textbf{konst.} \qquad \text{w. z. b. w.}
$$

Aber auch für den variablen Temperaturzustand können wir solch eine Relation herleiten. Um das zu zeigen, gehen wir aus von (1) und (2).

Substituiert man in (1):

$$
(18) \qquad u_1 = s_1 + v_1; \quad u_2 = s_2 + v_2,
$$

so zerfällt jede der Gleichungen (1) in 2 Gleichungen, von denen die eine den stationären Temperaturzustand darstellt, während die andere lautet:

$$
(19) \qquad \begin{aligned} k_1 q \frac{\partial^2 v_1}{\partial x_1^2} - h_1 p v_1 &= \varrho_1 c_1 q \frac{\partial v_1}{\partial t} \\ k_2 q \frac{\partial^2 v_2}{\partial x_2^2} - h_2 p v_2 &= \varrho_2 c_2 q \frac{\partial v_2}{\partial t} \end{aligned}
$$

mit den Grenzgleichungen:

$$
\begin{array}{ll}
1. & x_1 = l_1 \, : \, v_1 = 0 \text{ für alle } t \\
2. & x_2 = l_2 \, : \, v_2 = 0 \text{ für alle } t \\
3. & x_1 = 0, x_2 = 0 \, : \, v_1 = v_2 \text{ für alle } t \\
4. & k_1 \left(- \frac{\partial v_1}{\partial x_1} \right)_{x_1 = 0} + k_2 \left(- \frac{\partial v_2}{\partial x_2} \right)_{x_2 = 0} = 0 \text{ für alle } t \\
5. & t = 0 \, : \, v_1 = - s_1 \text{ für alle } x_1, \text{ (s. Glchg. (5))} \\
6. & t = 0 \, : \, v_2 = - s_2 \text{ für alle } x_2, \text{ (s. Glchg. (5)).}
\end{array}
\tag{20}
$$

Macht man nun zur Lösung von (19) den Ansatz:

$$v_1 = T_1 X_1 \; ; \; v_2 = T_2 X_2 , \tag{21}$$

wo T_1, T_2 bloss Funktionen von t; X_1, X_2 bloss Funktionen von x_1 resp. x_2 sind, so wird aus (19):

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial^2 X_1}{\partial x_1^2} \frac{1}{X_1} &= \frac{\varrho_1 c_1}{k_1} \frac{\partial T_1}{\partial t} \frac{1}{T_1} + \frac{h_1 p}{k_1 q} \\
\frac{\partial^2 X_2}{\partial x_2^2} \frac{1}{X_2} &= \frac{\varrho_2 c_2}{k_2} \frac{\partial T_2}{\partial t} \frac{1}{T_2} + \frac{h_2 p}{k_2 q} .
\end{aligned}
\tag{22}
$$

(22) kann aber nur dann für jeden Wert von x und t erfüllt sein, wenn:

$$
\text{(23a)} \quad
\begin{aligned}
\frac{1}{X_1} \frac{\partial^2 X_1}{\partial x_1^2} &= - m_1^2 \; ; \quad \frac{\varrho_1 c_1}{k_1} \frac{1}{T_1} \frac{\partial T_1}{\partial t} - \frac{h_1 p}{k_1 q} = - m_1^2 \\
\frac{1}{X_2} \frac{\partial^2 X_2}{\partial x_2^2} &= - m_2^2 \; ; \quad \frac{\varrho_2 c_2}{k_2} \frac{1}{T_2} \frac{\partial T_2}{\partial t} - \frac{h_2 p}{k_2 q} = - m_2^2 ,
\end{aligned}
\quad \text{(23b)}
$$

wo m_1, m_2 Konstante bedeuten, die noch bestimmt werden müssen. Das negative Vorzeichen ergibt sich aus Betrachtung von (25).

Die allgemeinen Lösungen von (23a) sind:

$$
\begin{aligned}
X_1 &= \mathfrak{S}_1 \sin(m_1 x_1) + \mathfrak{T}_1 \cos(m_1 x_1) \\
X_2 &= \mathfrak{S}_2 \sin(m_2 x_2) + \mathfrak{T}_2 \cos(m_2 x_2) ,
\end{aligned}
\tag{24}
$$

diejenigen von (23b):

$$
\begin{aligned}
T_1 &= \mathfrak{A}_1 e^{- \frac{k_1}{c_1 \varrho_1} (m_1^2 + \lambda_1^2) t} \\
T_2 &= \mathfrak{A}_2 e^{- \frac{k_2}{c_2 \varrho_2} (m_2^2 + \lambda_2^2) t} .
\end{aligned}
\tag{25}
$$

Also wird nach (21):

$$
\begin{aligned}
v_1 &= [C_1 \sin(m_1 x_1) + D_1 \cos(m_1 x_1)] \, e^{- \frac{k_1}{c_1 \varrho_1} (m_1^2 + \lambda_1^2) t} \\
v_2 &= [C_2 \sin(m_2 x_2) + D_2 \cos(m_2 x_2)] \, e^{- \frac{k_2}{c_2 \varrho_2} (m_2^2 + \lambda_2^2) t} .
\end{aligned}
\tag{26}
$$

Aus $(20,_1)$ folgt dann zunächst:

$$D_1 = - C_1 \operatorname{tg}(m_1 l_1) \; ; \; D_2 = - C_2 \operatorname{tg}(m_2 l_2) ; \tag{27}$$

also wird (26):

$$(28)\quad \begin{aligned} v_1 &= C_1\left[\sin(m_1 x_1) - \operatorname{tg}(m_1 l_1)\cos(m_1 x_1)\right] e^{-\frac{k_1}{c_1 \varrho_1}(m_1^2 + \lambda_1^2)t} \\ v_2 &= C_2\left[\sin(m_2 x_2) - \operatorname{tg}(m_2 l_2)\cos(m_2 x_2)\right] e^{-\frac{k_2}{c_2 \varrho_2}(m_2^2 + \lambda_2^2)t} \end{aligned}$$

Ferner folgt aus $(20,_4)$ und (28), da $(20,_4)$ für alle t gilt:

$$(29)\qquad C_1 k_1 m_1 = -C_2 k_2 m_2.$$

Aus $(20,_3)$ und (28) folgt aus dem gleichen Grunde:

$$(30)\qquad C_1 \operatorname{tg}(m_1 l_1) = C_2 \operatorname{tg}(m_2 l_2).$$

Durch Kombination von (29) und (30) ergibt sich:

$$(31)\qquad \frac{\operatorname{tg}(m_1 l_1)}{\operatorname{tg}(m_2 l_2)} = -\frac{k_1 m_1}{k_2 m_2}.$$

Ferner folgt aus $(20,_4)$ und (28):

$$(32)\qquad \frac{k_1}{c_1 \varrho_1}(m_1^2 + \lambda_1^2) = \frac{k_2}{c_2 \varrho_2}(m_2^2 + \lambda_2^2).$$

(31) und (32) dienen nun zur Bestimmung von m_1 und m_2, was aber nur durch Näherungsverfahren möglich ist und zwar wohl am besten graphisch. Für unsere Zwecke brauchen wir aber m_1 und m_2 nicht zu kennen. Jedenfalls hat (31) und (32) unendlich viel Lösungen (m_{1n}, m_{2n}), so dass (28) wird:

$$(33)\quad \begin{aligned} v_1 = {} & C_{11}\left[\sin(m_{11} x_1) - \operatorname{tg}(m_{11} l_1)\cos(m_{11} x_1)\right] e^{-\frac{k_1}{c_1 \varrho_1}(m_{11}^2 + \lambda_1^2)t} \\ & + C_{12}\left[\sin(m_{12} x_1) - \operatorname{tg}(m_{12} l_1)\cos(m_{12} x_1)\right] e^{-\frac{k_1}{c_1 \varrho_1}(m_{12}^2 + \lambda_1^2)t} + \dots \\ v_2 = {} & C_{21}\left[\sin(m_{21} x_2) - \operatorname{tg}(m_{21} l_2)\cos(m_{21} x_2)\right] e^{-\frac{k_2}{c_2 \varrho_2}(m_{21}^2 + \lambda_2^2)t} \\ & + C_{22}\left[\sin(m_{22} x_2) - \operatorname{tg}(m_{22} l_2)\cos(m_{22} x_2)\right] e^{-\frac{k_2}{c_2 \varrho_2}(m_{22}^2 + \lambda_2^2)t} + \dots \end{aligned}$$

Zur Bestimmung der C_1 und C_2 dienen dann noch $(20,_5)$ und $(20,_6)$, die mit Hülfe von (5) ergeben:

$$(34)\quad \begin{aligned} -a_1 - A_1 e^{\lambda_1 x_1} - B_1 e^{-\lambda_1 x_1} = {} & C_{11}\left[\sin(m_{11} x_1) - \operatorname{tg}(m_{11} l_1)\cos(m_{11} x_1)\right] \\ & + C_{12}\left[\sin(m_{12} x_1) - \operatorname{tg}(m_{12} l_1)\cos(m_{12} x_1)\right] + \dots \\ -a_2 - A_2 e^{\lambda_2 x_2} - B_2 e^{-\lambda_2 x_2} = {} & C_{21}\left[\sin(m_{21} x_2) - \operatorname{tg}(m_{21} l_2)\cos(m_{21} x_2)\right] \\ & + C_{22}\left[\sin(m_{22} x_2) - \operatorname{tg}(m_{22} l_2)\cos(m_{22} x_2)\right] + \dots \end{aligned}$$

Hieraus würden sich die C (wie bei allen ähnlichen Fällen) theoretisch durch einen Integrationsprozess bestimmen lassen; doch weil m_1 und m_2 bloss numerisch bekannt sind, so kann derselbe nicht

ausgeführt werden. Wir brauchen das aber für unsere Zwecke nicht. Da nämlich, wie schon erwähnt, A_1, A_2, B_1, B_2 lineare Funktionen von $\Pi \cdot i$ sind und die u bloss das Quadrat von i enthalten (15), und weil durch den Integrationsprozess neue i enthaltende Glieder nicht hinzutreten, so folgt, dass die C_1 und C_2 die Form haben müssen:

$$
\begin{aligned}
C_1 &= c_1 i^2 + d_1 + e_1 \Pi i \\
C_2 &= c_2 i^2 + d_2 + e_2 \Pi i,
\end{aligned}
\tag{35}
$$

wo c, d, e keine Funktionen von i und Π sind. Es wird also:

$$
\begin{aligned}
v_1 = {} & [c_{11} i^2 + d_{11} + e_{11} \Pi i] [\sin (m_{11} x_1) \\
& - \operatorname{tg} (m_{11} l_1) \cos (m_{11} x_1)] \, e^{-\frac{k_1}{c_1 \varrho_1} (m_{11}^2 + \lambda_1^2) t} + \ldots \\
v_2 = {} & [c_{21} i^2 + d_{21} + e_{21} \Pi i] [\sin (m_{21} x_2) \\
& - \operatorname{tg} (m_{21} l_2) \cos (m_{21} x_2)] \, e^{-\frac{k_2}{c_2 \varrho_2} (m_{21}^2 + \lambda_2^2) t} + \ldots
\end{aligned}
\tag{36}
$$

Kombiniert man nun die Werte v_{1+} und v_{1-}, resp. v_{2+} und v_{2-} für beiderlei Stromrichtung und für dasselbe x_1 resp. x_2, so erhält man das Resultat, dass für ein und denselben Zeitpunkt t stets die Beziehung gilt:

$$
\frac{v_{1+} - v_{1-}}{i} = \textbf{konst.}\ ; \quad \frac{v_{2+} - v_{2-}}{i} = \textbf{konst.} \tag{37}
$$

für verschiedene Stromstärken. Nach (17) und (18) wird dann aber auch:

$$
\frac{u_{1+} - u_{1-}}{i} = \textbf{konst.}\ ; \quad \frac{u_{2+} - u_{2-}}{i} = \textbf{konst.} \tag{38}
$$

Es ist also Gleichung (17) für den stationären Zustand bloss ein Spezialfall dieser allgemeinen Gleichung (38) für den variablen Zustand. Man könnte also auch den variablen Temperaturzustand benützen zur Untersuchung der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke, indem man in irgend einem Querschnitt für beiderlei Stromrichtung die Kurve $u = f(t)$ für verschiedene Stromstärken aufnimmt und die derselben Zeit entsprechenden Ordinaten mit einander vergleicht. Doch es soll weiter unten (s. S. 143) gezeigt werden, dass der variable Zustand praktisch viel weniger geeignet ist zu unserer Untersuchung als der stationäre.

Es soll daher im Folgenden nur von dem stationären Temperaturzustand die Rede sein und zur Untersuchung speziell nur die Temperatur in der Lötfläche der Stabkombination dienen, da diese zur Beobachtung die geeignetste ist. Wir stützen uns also im folgenden lediglich auf die Gleichungen (12) und (14), S. 111.

2. Korrektionen der Untersuchungsmethode.

Will man eine genaue Prüfung der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke vornehmen, so darf man natürlich die auf Seite 109 gemachten Annahmen, unter deren Voraussetzung alles Bisherige abgeleitet worden ist, nicht ohne weiteres machen, resp. man hat zu prüfen, einen wie grossen Einfluss das Nichtzutreffen dieser Annahmen auf die abgeleiteten Beziehungen hat. Dieses soll jetzt geschehen.

Würde man gleich bei Aufstellung der Differentialgleichung (1) die Veränderlichkeit der Grössen k, h, ω, Π mit der Temperatur und das Auftreten des Thomson-Effekts berücksichtigen, so würden die Gleichungen (7) und die aus ihnen resultierende (12) sehr kompliziert werden, und diese könnte nicht in einfacher Weise zur Untersuchung dienen. Es soll daher gezeigt werden, wie die Korrektionen zu bestimmen sind, die an den beobachteten Werten von S_+ und S_- resp. ΔS anzubringen sind, um sie zu reduzieren auf die Werte, die k, h, ω, Π = konst. und Thomson-Effekt = 0 entsprechen, und um dann auf diese reduzierten Werte die Gleichungen (12) resp. (14) anwenden zu können.

Es sei hier gleich erwähnt, dass in den Stabkombinationen bei den Messungen nie grössere Temperaturdifferenzen als 8° vorkamen.

1. Die Veränderlichkeit des spezifischen Widerstandes mit der Temperatur. Man wird setzen: $\omega_s = \omega_0\,(1 + \alpha s)$, wobei ω_0 den spezifischen Widerstand bei 0°, ω_s denjenigen bei s°, α den Temperaturkoëffizienten bedeutet. Da es sich bloss um kleine Temperatur-Änderungen handelt, so genügt es, für jede vorkommende stationäre Temperatur-Verteilung eine Mittel-Temperatur anzunehmen und die beobachteten S_+ und S_- auf die Werte zu reduzieren, die z. B. den Werten von ω_1 und ω_2 bei 0° entsprechen. Um nun den Einfluss einer Änderung von ω_1 und ω_2 auf S_+ und S_- zu bestimmen, differentiieren wir S_+ und S_- (s. Glchg. 7) nach ω_1 und ω_2 und erhalten:

$$(39)\quad dS_+ = \frac{i^2\,\dfrac{k_1\lambda_1(e^{\lambda_1 l_1}+e^{-\lambda_1 l_1}-2)}{e^{\lambda_1 l_1}-e^{-\lambda_1 l_1}}\,\dfrac{1}{Jqh_1p}\,d\omega_1 + i^2\,\dfrac{k_2\lambda_2(e^{\lambda_2 l_2}+e^{-\lambda_2 l_2}-2)}{e^{\lambda_2 l_2}-e^{-\lambda_2 l_2}}\,\dfrac{1}{Jqh_2p}\,d\omega_2}{\dfrac{k_1\lambda_1(e^{\lambda_1 l_1}+e^{-\lambda_1 l_1})}{e^{\lambda_1 l_1}-e^{-\lambda_1 l_1}} + \dfrac{k_2\lambda_2(e^{\lambda_2 l_2}+e^{-\lambda_2 l_2})}{e^{\lambda_2 l_2}-e^{-\lambda_2 l_2}}}$$

oder:

$$(40)\qquad dS_+ = i^2(b_1\,d\omega_1 + b_2\,d\omega_2).$$

Vergl. S. 149.

2. Die Veränderlichkeit des Peltier-Effekts mit der Temperatur. Der nach (12) berechnete Wert von Π entspricht der Mittel-Temperatur von S_+ und S_-. Um nun die ΔS auf konstantes Π,

z. B. dasjenige für die Temperatur 0, zu reduzieren, benutzen wir die Beziehung, nach der der Peltier-Effekt proportional der absoluten Temperatur ist. (Vergl. S. 148 f.)

3. Die Veränderlichkeit der Wärmeleitfähigkeiten k_1 und k_2 mit der Temperatur. Wie meine Messungen der Leitfähigkeiten (s. S. 142) ergeben haben, ist der Temperaturkoëffizient (der allerdings nicht genau ermittelt wurde) bei den benützten Metallen sehr klein, so dass k_1 und k_2 wohl als konstant angesehen werden dürfen. Der Temperaturkoëffizient für Konstantan, der von mir überhaupt nicht bestimmt wurde, wird von Jäger und Diesselhorst[1]) angegeben zu — 0,0024; er ist also auch recht klein.

4. Die Veränderlichkeit der äusseren Wärmeleitung h mit der Temperatur. h wurde durch einen Extraversuch bestimmt (s. S. 124). Hierbei ergab sich, dass h schon bei sehr kleinen Temperaturdifferenzen (3°) nicht mehr als konstant angesehen werden darf. Das rührt zum grossen Teil wohl daher, dass die Stabkombinationen bei den Versuchen immer in horizontaler Lage gehalten werden mussten, so dass die Konvektionsströme nicht regelmässig verlaufen konnten. Ist $h = f(\vartheta)$ bekannt (s. S. 142), so kann man die beobachteten S_+ und S_- auf konstantes h reduzieren, wenn man wieder für jede Temperatur-Verteilung eine Mittel-Temperatur annimmt und ermittelt hat, wieviel Prozent Änderung in S_+ und S_- z. B. 10% Änderung von h ausmachen. (Vergl. S. 148 f.)

5. Es soll der Thomson-Effekt berücksichtigt werden. Setzen wir denselben proportional der Stromstärke und dem Temperaturgefälle:

$$\text{Thomson-Effekt} = T i \frac{ds}{dx}, \text{[2])} \tag{41}$$

so treten an Stelle der Gleichungen (3) die folgenden:

$$\begin{aligned} k_1 q \frac{d^2 s_1}{d x_1^2} + T_1 i \frac{d s_1}{d x_1} - h_1 p s_1 + \frac{i^2 \omega_1}{J q} &= 0 \\ k_2 q \frac{d^2 s_2}{d x_2^2} + T_2 i \frac{d s_2}{d x_2} - h_2 p s_2 + \frac{i^2 \omega_2}{J q} &= 0 \end{aligned} \tag{42}$$

mit den Grenzgleichungen (8). Wie man sich leicht überzeugt, werden die Lösungen:

$$\begin{aligned} &= a_1 + \frac{1}{e^{\beta_1 l_1} - e^{-\beta_1 l_1}} \left\{ (S - a_1) e^{-\alpha_1 x_1} \left[e^{\beta_1 (l_1 - x_1)} - e^{-\beta_1 (l_1 - x_1)} \right] - a_1 e^{\alpha_1 (l_1 - x_1)} \left[e^{\beta_1 x_1} - e^{-\beta_1 x_1} \right] \right\} \\ &= a_2 + \frac{1}{e^{\beta_2 l_2} - e^{-\beta_2 l_2}} \left\{ (S - a_2) e^{-\alpha_2 x_2} \left[e^{\beta_2 (l_2 - x_2)} - e^{-\beta_2 (l_2 - x_2)} \right] - a_2 e^{\alpha_2 (l_2 - x_2)} \left[e^{\beta_2 x_2} - e^{-\beta_2 x_2} \right] \right\}. \end{aligned} \tag{43}$$

[1]) Wiss. Abhandl. d. phys.-techn. Reichsanstalt, **3**, 270, 1900.

[2]) Da es sich bloss um eine Korrektionsgrösse handelt, kann von der Abhängigkeit des Thomson-Effekts von der Temperatur abgesehen werden.

wobei bedeutet:

$$a_1 = \frac{i^2 \omega_1}{J q h_1 p}\ ;\ \alpha_1 = \frac{T_1 i}{2 k_1 q}\ ;\ \beta_1 = \sqrt{\frac{h_1 p}{k_1 q} + \left(\frac{T_1 i}{2 k_1 q}\right)^2} = \sqrt{\lambda_1^2 + \alpha_1^2}$$

$$a_2 = \frac{i^2 \omega_2}{J q h_2 p}\ ;\ \alpha_2 = \frac{T_2 i}{2 k_2 q}\ ;\ \beta_2 = \sqrt{\frac{h_2 p}{k_2 q} + \left(\frac{T_2 i}{2 k_2 q}\right)^2} = \sqrt{\lambda_2^2 + \alpha_2^2}.$$

Setzt man in (43) $T_1 = 0$; $T_2 = 0$, so erhält man die schon abgeleiteten Gleichungen (10). Aus der Grenzgleichung (4,4) folgt nun:

$$(44)\quad \begin{aligned} + \Pi i = &- \frac{k_1 q}{\Delta_1} \left\{ (S_+ - a_1) \left[e^{\beta_1 l_1}(-\alpha_1 - \beta_1) - e^{-\beta_1 l_1}(-\alpha_1 + \beta_1) \right] - a_1 e^{\alpha_1 l_1} 2 \beta_1 \right\} \\ &- \frac{k_2 q}{\Delta_2} \left\{ (S_+ - a_2) \left[e^{\beta_2 l_2}(-\alpha_2 - \beta_2) - e^{-\beta_2 l_2}(-\alpha_2 + \beta_2) \right] - a_2 e^{\alpha_2 l_2} 2 \beta_2 \right\}, \end{aligned}$$

wobei: $\Delta_1 = e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}$; $\Delta_2 = e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}$,

und eine analoge Gleichung für $-\Pi i$ mit S_-. Nach S_+ aufgelöst wird (44):

$$(45)\quad \begin{aligned} S_+ = &\frac{\frac{k_1 a_1}{\Delta_1} \left[e^{\beta_1 l_1}(-\alpha_1 - \beta_1) - e^{-\beta_1 l_1}(-\alpha_1 + \beta_1) + e^{\alpha_1 l_1} 2 \beta_1 \right]}{\frac{k_1}{\Delta_1} \left[e^{\beta_1 l_1}(-\alpha_1 - \beta_1) - e^{-\beta_1 l_1}(-\alpha_1 + \beta_1) \right] + \frac{k_2}{\Delta_2} \left[e^{\beta_2 l_2}(-\alpha_2 - \beta_2) - e^{-\beta_2 l_2}(-\alpha_2 + \beta_2) \right]} \\ &+ \frac{\frac{k_2 a_2}{\Delta_2} \left[e^{\beta_2 l_2}(-\alpha_2 - \beta_2) - e^{-\beta_2 l_2}(-\alpha_2 + \beta_2) + e^{\alpha_2 l_2} 2 \beta_2 \right] - \frac{\Pi i}{q}}{\frac{k_1}{\Delta_1} \left[e^{\beta_1 l_1}(-\alpha_1 - \beta_1) - e^{-\beta_1 l_1}(-\alpha_1 + \beta_1) \right] + \frac{k_2}{\Delta_2} \left[e^{\beta_2 l_2}(-\alpha_2 - \beta_2) - e^{-\beta_2 l_2}(-\alpha_2 + \beta_2) \right]} \end{aligned}$$

Eine analoge Gleichung ergibt sich für S_-, wenn man in (45) überall $-i$ statt $+i$ setzt.

Um jetzt also den Einfluss des Thomson-Effekts zu bestimmen, wird man S_+ sowohl nach (7) als nach (45) berechnen mit angenommenen Näherungswerten. Korrigiert man dann die beobachteten S_+ um die Differenz beider Resultate, so erhält man die Werte S_+, die für den Fall $T_1 = 0$, $T_2 = 0$ auftreten würden.

Da von mir keine Messungen von T an den benutzten Metallen ausgeführt wurden, so legte ich den Rechnungen zu Grunde die Resultate von Lecher[1]) (s. S. 148).

Wie man aus S. 148 f. ersieht, sind alle hier besprochenen Korrektionen recht klein, so dass sie nur für die Untersuchung der Frage nach der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke in Betracht kommen, nicht aber bei der absoluten Messung des Peltier-Effekts, denn die Grösse der Korrektionen liegt innerhalb der Genauigkeitsgrenze dieser Messung.[2])

---

[1]) Wien. Ber. **114**, 1599, 1905.

[2]) Vergl. die Diskussion über die Genauigkeit der Methode S. 153 ff.

Es soll hier gleich noch von einer letzten Korrektion die Rede sein, die bei der absoluten Peltier-Effekt-Messung nicht vernachlässigt werden darf.

Korrektion wegen Nichterfüllung der Grenzgleichungen (4,1; 4,2), S. 110. Die Enden der Stabkombination suchte man gemäss (4,1; 4,2) auf konstanter Temperatur zu halten, indem man gegen dieselben Wasser spritzen liess. Nun haben aber schon mehrere Beobachter nachgewiesen, dass eine solche mit Wasser bespritzte Fläche — für den Fall, dass das Wasser nicht in sehr reichlicher Menge fliesst — eine Temperatur annimmt, die um so mehr von der Temperatur des Kühlwassers abweicht, je grösser die Wärmeleitfähigkeit der betreffenden Substanz und das Temperaturgefälle an dieser Endfläche ist. Da zwei der von mir untersuchten Kombinationen das sehr gut leitende Kupfer enthielten, so musste diese Fehlerquelle wohl untersucht werden. Die Methode nun, um sie in Rechnung zu ziehen, bestand in Folgendem:

Indem wir nur den einen Teil der Stabkombination betrachten, gehen wir aus von einer der Gleichungen (10) und schreiben:

$$s = \frac{i^2 \omega}{J q h p} + \frac{(S-a)\left[e^{\lambda(l-x)} - e^{-\lambda(l-x)}\right] - a\left(e^{\lambda x} - e^{-\lambda x}\right)}{e^{\lambda l} - e^{-\lambda l}}. \qquad (46)$$

Diese Gleichung stellt uns dar die stationär gewordene Temperatur-Verteilung in einem vom Strom i durchflossenen Stabe, dessen Umgebung und eine Endfläche ($x = l$) auf konstanter Temperatur 0 und dessen andere Endfläche ($x = 0$) auf konstanter Temperatur S gehalten wird. Unterscheidet sich nun, nach oben Gesagtem, die Temperatur an der Fläche $x = l$ um weniges von der Temperatur 0 (sie sei z. B. s_l), so weicht die wahre Temperatur-Verteilung von der durch (46) gegebenen etwas ab. Es kann aber leicht mit recht grosser Genauigkeit die Länge $l + dl = l'$ bestimmt werden, die der Stab haben müsste, damit durch (46), wenn hierin l' an Stelle von l gesetzt wird, die wahre Temperatur-Verteilung wiedergegeben wird. Bestimmt man nämlich das Temperaturgefälle an der Stelle $x = l$, indem man in (46) S durch $S - s_l$ ersetzt und dann s nach x differentiiert, so findet man:

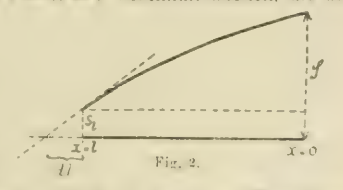


Fig. 2.

$$\text{Gefälle} = \left(-\frac{ds}{dx}\right)_{x=l} = \frac{2\lambda(S - s_l) - a\lambda\left(e^{\lambda l} + e^{-\lambda l} - 2\right)}{e^{\lambda l} - e^{-\lambda l}}. \qquad (47)$$

Dann ist aber:

$$dl = \frac{s_l}{\left(-\frac{ds}{dx}\right)_{x=l}} \qquad (48)$$

Dieses Verfahren ist natürlich um so genauer, je kleiner s_l ist. (Vergl. Fig. 2.)

Bei jeder Stabkombination ist also auch die Temperatur in den Endflächen zu messen; dann hat man nach (47) die Werte $\left(-\frac{ds_1}{dx_1}\right)_{x_1=l_1}$ und $\left(-\frac{ds_2}{dx_2}\right)_{x_2=l_2}$ zu berechnen und schliesslich nach (48) die Längen $l_1' = l_1 + dl_1$, $l_2' = l_2 + dl_2$ zu bestimmen, die dann zur Berechnung von Π in (12) an Stelle von l_1, l_2 einzusetzen sind. —

Zur Berechnung von Π nach (12) ist vor allen Dingen notwendig die Kenntnis der Grösse der Wärmeleitfähigkeiten k_1, k_2. Da nun k für ein und dieselbe Metallsorte je nach Herkunft und Herstellung stark variieren kann, so wollte ich mich nicht auf die schon vorliegenden Messungen stützen, sondern bestimmte diese Grösse für jedes in Frage kommende Metall. Das geschah nach folgender Methode.

3. Methode zur Messung der Wärmeleitfähigkeit k.

Ich beabsichtigte zuerst diese Messung an den benutzten Stabkombinationen selber vorzunehmen, indem ich die Angström'sche Methode in folgender Weise anzuwenden gedachte.

Der an der Lötfläche auftretende Peltier-Effekt kann nämlich dazu dienen, periodische Temperaturschwankungen in der Kombination hervorzurufen. Denn, lässt man einen konstant gehaltenen Gleichstrom immer in gleichen Zeitintervallen innerhalb der Stabkombination seine Richtung ändern, während die Enden und die Umgebung der Kombination auf konstanter Temperatur gehalten werden, so müssen nach Verlauf einer gewissen Zeit in jedem Querschnitt der Kombination stationär gewordene periodische Temperaturschwankungen auftreten, die — wie man leicht theoretisch nachweisen kann — um den Mittelwert der Temperatur erfolgen, die der Querschnitt annehmen würde, wenn kein Peltier-Effekt vorhanden wäre, d. h. wenn die Kombination von einem Wechselstrom gleicher effektiver Grösse (als der Gleichstrom) durchflossen wäre. Man kann sich dann die Joule'sche Erwärmung ganz fortdenken und hat in jedem Teile der Stabkombination den Fall, dass von einem Stabe das eine Ende periodischen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist, während das andere Ende auf konstanter Temperatur gehalten wird. Beobachtet man also ausser dem Temperaturverlauf in der Lötstelle noch denjenigen in je einem benachbarten Querschnitt jedes Stabteiles, so erhält man nach der Angström'schen Methode aus den Amplituden und Phasendifferenzen die Leitfähigkeit beider Stabteile.

Ich habe nach dieser Methode Messungen vorgenommen; doch zeigten sich grosse praktische Schwierigkeiten. Vor allen Dingen wirkte der Umstand sehr störend, dass trotz der sorgfältigsten Einsetzung der Thermoelemente die Abzweigung des Stromes durch Thermoelement- und Galvanometerleitung recht bedeutend war. Zudem lässt die Genauigkeit der Methode zu wünschen, da wegen der verhältnismässig kleinen Längen l_1 und l_2 (s. S. 128) der Abstand der beiden Querschnitte, in denen die Temperatur beobachtet wurde, ziemlich klein gewählt werden musste. Aus diesen Gründen liess ich dieses Verfahren fallen und wandte die Methode der elektrischen Heizung an, eine Methode, auf die schon Herr Professor H. F. Weber[1] hingewiesen hatte und die dann von F. Kohlrausch ausgearbeitet wurde, so dass sie jetzt vielleicht als die genaueste Methode angesehen werden kann. In geringer Abweichung von der durch F. Kohlrausch gegebenen Darstellung ist die Theorie die folgende.

Es sei ein Stab aus dem zu untersuchenden Metall gegeben mit ganz gleichmässigem Querschnitt (z. B. kreisförmigem) und normal zur Stabaxe stehenden ebenen Endflächen. Diese, sowie die ganze Umgebung des Stabes sollen auf konstanter (Kühlwasser-) Temperatur gehalten werden. Schickt man nun einen elektrischen Strom i durch den Stab, so wird die Temperatur in jedem Punkte desselben steigen, bis sie einen stationären Wert erreicht. Diese stationäre Temperatur-Verteilung allein soll zur Bestimmung der Leitfähigkeit dienen und daher betrachtet werden. Ist der Stab nicht gar zu dick, so dürfen die Ebenen senkrecht zur Stabaxe als Flächen gleicher Temperatur angesehen werden, so dass die stationäre Temperatur bloss noch eine Funktion der Abszisse x ist. Diese werde von der Mitte des Stabes an gezählt; die Länge des Stabes sei $2l'$. In zwei Querschnitten symmetrisch zur Stabmitte ist die Temperatur gleich gross, wenn man absieht von dem auftretenden Thomson-Effekt. Wir wählen nun die beiden Querschnitte, die je um 1 cm von den Enden entfernt sind, also die Abszissen $(l' - 1) = l$ und $-(l' - 1) = -l$ haben, und es sei in ihnen die Temperatur $= s_0$.[2] Zählen wir dann die Temperaturen s von s_0 an, so lautet die Differentialgleichung für die stationäre Temperatur-Verteilung unter der Annahme, dass k, h, ω konstant seien:

$$kq \frac{d^2 s}{dx^2} - hp(s + s_0) + \frac{i^2 \omega}{Jq} = 0, \qquad (19)$$

wo die Grössen dieselbe Bedeutung haben, wie die auf Seite 109 angegebene.

[1] Vorlesungen über Wärmeleitung.

[2] Die Kühlwassertemperatur als 0° angenommen.

Als Grenzgleichungen treten hinzu:

$$(50)\quad \begin{aligned} &1.\ x = l \ \ : s = 0 \\ &2.\ x = -l : s = 0. \end{aligned}$$

Substituiert man: $s + s_a = s'$,

so wird:

$$(51)\qquad kq \frac{d^2 s'}{dx^2} - hp s' + \frac{i^2 \omega}{Jq} = 0,$$

und die Lösung dieser Gleichung ist:

$$(52)\qquad s' = \frac{i^2 \omega}{Jqhp} + C_1 e^{\lambda x} + C_2 e^{-\lambda x} \ ; \ \lambda = \sqrt{\frac{hp}{kq}}$$

Also ist:

$$(53)\qquad s = \frac{i^2 \omega}{Jqhp} - s_a + C_1 e^{\lambda x} + C_2 e^{-\lambda x}.$$

Die Konstanten erhalten nach (50) die Werte:

$$(54)\qquad C_1 = C_2 = \frac{s_a - \frac{i^2 \omega}{Jqhp}}{e^{\lambda l} + e^{-\lambda l}}.$$

Setzt man (54) in (53) ein, so erhält man:

$$(55)\qquad s = \left[\frac{i^2 \omega}{Jkq^2} - s_a \lambda^2\right] \left[\frac{(e^{\lambda l} + e^{-\lambda l}) - (e^{\lambda x} + e^{-\lambda x})}{\lambda^2 (e^{\lambda l} + e^{-\lambda l})}\right].$$

Speziell für die Stabmitte wird:

$$(56)\qquad s_o = \left[\frac{i^2 \omega}{Jkq^2} - s_a \lambda^2\right] \left[\frac{e^{\lambda l} + e^{-\lambda l} - 2}{\lambda^2 (e^{\lambda l} + e^{-\lambda l})}\right] = C \left[\frac{i^2 \omega}{Jkq^2} - s_a \lambda^2\right].$$

Hieraus:

$$(57)\qquad k = \frac{i^2 \omega}{Jq^2} \cdot \frac{C}{s_o + C s_a \lambda^2}.$$

Unter Vernachlässigung der äusseren Wärmeleitung ($h = o$) wird:

$$(58)\qquad k = \frac{i^2 \omega}{Jq^2 s_o} \cdot \frac{l^2}{2} \quad \text{(Formel von Kohlrausch).}$$

Für ω ist natürlich der der Mitteltemperatur des Stabes entsprechende Wert zu nehmen. Bei der Berechnung von k aus (57) nimmt man für k in λ einen Näherungswert.

Da auch Thomson-Effekt im Stabe auftritt, so sind die Temperaturen in den Querschnitten $x = l$ und $x = -l$ nicht genau gleich gross (s_a), und ausserdem verschiebt sich der Querschnitt maximaler Temperatur etwas aus der Mitte des Stabes. Misst man aber diese Temperaturen bei beiderlei Stromrichtung, so hebt sich im Mittelwert die Wirkung des Thomson-Effekts heraus.

Wie bei den absoluten Peltier-Effekt-Messungen, so haben auch hier die Endflächen des Stabes, die unter Wasserkühlung stehen, nicht genau die Temperatur des Kühlwassers, und deshalb ist die Beobachtung von drei Temperaturen erforderlich; andernfalls müsste bloss die Temperatur in der Stabmitte gemessen werden und für l in (58) die Hälfte der Länge des Stabes genommen werden. Es geschah aus praktischen Gründen, dass man nicht die Temperatur in den Endquerschnitten mass, sondern in Punkten, die um je 1 cm von den Enden entfernt waren.

Ausser den drei Temperaturen $(s)_{x=0}$, $(s)_{x=l}$, $(s)_{x=-l}$ müssen zur Bestimmung von k noch bekannt sein ω, q und h.

Bestimmung des Widerstandes. Dieser wurde an dem gleichen Stabe in direktem Anschluss an die Hauptmessungen bestimmt.

Schaltet man nämlich (siehe Fig. 3), während der Stab die durch den Strom i hervorgerufene stationäre Temperatur-Verteilung besitzt, diesem einen grossen Widerstand w_2 und ein Galvanometer mit dem Widerstand w_g parallel, und zwar zwischen den beiden Querschnitten $x = l$ und $x = -l$ des Stabes, in denen die Temperatur gemessen wurde, so trete in dieser Nebenschlussleitung der Strom i_2 auf, im Stabe selbst der Strom i_1.

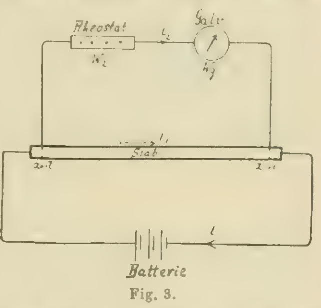


Fig. 3.

Dann ist aber die Spannung zwischen jenen Querschnitten: $\Delta p = i_2 (w_2 + w_g)$; und wenn der Widerstand des Stabes verschwindend klein ist gegenüber w_2 (was immer der Fall war, denn w_2 betrug mehrere hundert Ohm), so wird $i_1 = i$, also der Widerstand des Stabes zwischen jenen Querschnitten: $w = \frac{\Delta p}{i} = \frac{i_2 (w_2 + w_g)}{i}$, entsprechend der Mitteltemperatur des Stabes. Der zu dieser Temperatur gehörende spezifische Widerstand wäre dann: $\omega = \frac{w \cdot q}{2 l}$; doch brauchen wir zur Berechnung von k diesen gar nicht, denn die Gleichung (57) lässt sich auch schreiben in der Form:

$$k = \frac{i^2 w}{2 J q l} \cdot \frac{C}{(s)_1 - C (s)_l \lambda^2} \tag{59}$$

Hiermit ist gleichzeitig erreicht worden, dass q nur noch in der ersten Potenz auftritt, was die Genauigkeit der Methode erhöht.

Es wurde für jede Stromstärke i, die zu den Temperatur-Messungen im Stabe diente, die zugehörige Widerstandsmessung vorgenommen, so dass der Temperaturkoëffizient des Widerstandes gar nicht bekannt zu sein brauchte.

Zur Kontrolle der Messungen wurde jedoch der spezifische Widerstand noch an einem bedeutend längeren Stück des von der gleichen Stange geschnittenen Metalls sowie der Temperaturkoëffizient bestimmt, indem man dieses Stabstück zuerst in ein Wasserbad von Lokaltemperatur und dann in schmelzendes Eis brachte und nach der obigen Methode die Widerstände ermittelte.

Der Querschnitt der Stäbe. Für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeiten sowie für die Messung des Peltier-Effekts muss der Querschnitt der Stäbe resp. der einzelnen Stabteile genau bekannt sein. Hier wie dort wurde er daher, ausser mit dem Dickenmesser, aus der Dichte, Masse und Länge des Stabes bestimmt. Die Dichtenmessung geschah nach der hydrostatischen Methode. Ist m das Gewicht eines Stückes des zu untersuchenden Metalls in Luft, m' sein Gewicht in Wasser von u^0, ϱ_W die Dichte des Wassers bei dieser Temperatur, ϱ_L die Dichte der Luft bezogen auf Waser, so ergibt sich die Dichte ϱ des Metalls aus:

$$\varrho = \frac{m}{m - m'}(\varrho_W - \varrho_L) + \varrho_L. \tag{60}$$

Da die Dichtebestimmung sehr genau ausgeführt werden kann, so bekommt man auf diese Weise den Querschnitt auch genau: $q = \frac{M}{l \cdot \varrho}$ (M = Masse, l = Länge des Stabes).

Bei der Messung sowohl von k als von Π ist endlich noch die Grösse der äusseren Wärmeleitfähigkeit h zu ermitteln. Sie wurde nach der folgenden bekannten Methode bestimmt.

4. Methode zur Messung der äusseren Wärmeleitfähigkeit h.

Es werde ein Körper mit der Masse M, der Oberfläche O und der spezifischen Wärme c in ein Gefäss mit konstanter Temperatur u_a hineingehängt, nachdem man ihn zuerst auf eine Temperatur $u_o > u_a$ gebracht hat, und man lasse ihn dort sich abkühlen. Hat der Körper einen relativ grossen Koëffizienten der inneren Wärmeleitung und nicht zu grosse Dimensionen, so können wir annehmen, dass in jedem Zeitmoment t alle Teile des Körpers auf gleicher Temperatur sind. Diese Annahme ist in unseren Fällen ohne weiteres gestattet, da die untersuchten Körper Metalle und in Stabform von geringer Dicke

waren (s. S. 128). Macht man nun die Annahme, dass der Koëffizient der äusseren Wärmeleitung eine Konstante ist, so liegt der Abkühlung die folgende Differentialgleichung zu Grunde:

$$h O (u - u_a) dt = M c (-du) \tag{61}$$

oder

$$\frac{hO}{Mc} \cdot dt = -\frac{du}{u - u_a}. \tag{62}$$

Die Integration liefert:

$$\frac{hO}{Mc} \cdot t = -lg(u - u_a) + C, \tag{63}$$

und weil für $t = o : u = u_0$ ist, so wird: $C = lg(u_0 - u_a)$.
Also wird:

$$\frac{hO}{Mc} t = lg\left(\frac{u_0 - u_a}{u - u_a}\right). \tag{64}$$

Beobachtet man nun die Temperatur u in gleichen Zeitintervallen Δt, so dass $t_1 \ldots . u_1$, $t_2 \ldots . u_2$ u.s.w. entspricht, so wird:

$$\frac{hO}{Mc} \Delta t = lg\left(\frac{u_n - u_a}{u_{n+1} - u_a}\right), \tag{65}$$

also:

$$h = \frac{Mc}{O \cdot \Delta t} \log\left(\frac{u_n - u_a}{u_{n+1} - u_a}\right) \cdot 2{,}303, \tag{66}$$

wenn mit Brigg'schen Logarithmen gerechnet wird.

Diesen Entwicklungen liegt, wie oben erwähnt, die Annahme zu Grunde, dass h unabhängig von der Temperatur sei. Das ist aber, wie schon S. 117 bemerkt worden ist, in unseren Fällen keineswegs zutreffend. (Alles Nähere s. S. 139 ff. bei der Ausführung der Messungen.)

II. Methode zur Messung der elektromotorischen Kraft der Stabkombinationen.

Um vergleichbare Resultate zu erhalten, muss die Messung von $\frac{dE}{dT}$ (s. S. 105) genau an den gleichen Exemplaren der Stabkombinationen, für die der Peltier-Effekt bestimmt wurde, ausgeführt werden und zwar auch unter Anwendung des gleichen Bereichs der absoluten Temperatur T.

Es wurde daher nach erfolgter Peltier-Effekt-Messung die Stabkombination zu einem Thermokreis vervollständigt, indem man an den Enden der Kombination Drähte aus den gleichen Metallen, welche die Kombination enthielt, anlötete und den Kreis durch ein Galvanometer mit dem Widerstand w_1 und einen Rheostaten (w) schloss.

Die Zusammenstellung wird ersichtlich aus Fig. 4, welche die auf eben genannte Weise behandelte Kombination Eisen-Konstantan zeigt.

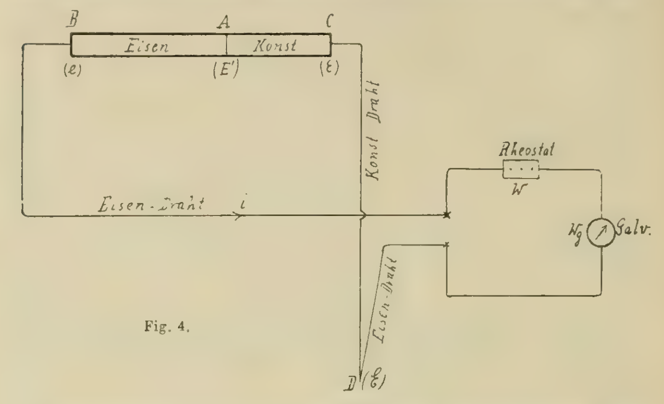


Fig. 4.

Möglicherweise sind die Metall**drähte** thermoelektrisch nicht genau gleichwertig den **Stabteilen** aus dem gleichen Metall, so dass dann ausser der in der Lötfläche A herrschenden $E.M.K.$ ($= E'$) und $\mathcal{E}$ in D noch kleine $E.M.KK.$: e in B und ε in C auftreten. Die übrigen kleinen Kontakt-$E.M.KK.$, die sonst noch im Thermokreis vorkommen sollten, werden zeitlich konstant gehalten durch Isolierung der Kontaktstellen, so dass wir sie bei der folgenden Überlegung ausser Acht lassen können.

Ist zuerst der ganze Thermokreis auf der gleichen Temperatur 0°, so ist die $E.M.K.$ des Thermokreises:

$$(67) \qquad E_0 = E_0' + \mathcal{E}_0 + e_0 + \varepsilon_0 = 0 \quad ; \quad i = 0.$$

Bringt man dann die Lötfläche A sukzessive auf die Temperaturen $u_1, u_2, u_3 \ldots$, während man dafür sorgt, dass B, C, D auf 0° bleiben, so erhält man durch jeweilige Messung der auftretenden Stromstärke i, wenn der Widerstand des Thermokreises $w + w_g + w_e$ ist:

$$(68) \qquad E_u - E_0 = i\,(w + w_g + w_e)$$

als Funktion der Temperatur u in A, daraus dann $\frac{d(E_u - E_0)}{du} = \frac{dE}{dT}$.

Man erkennt leicht, dass das gemessene $\frac{dE}{dT}$ für den vorliegenden aus Stäben und Drähten bestehenden Thermokreis genau den gleichen Wert hat wie dasjenige, das sich ergeben würde, wenn die Querschnitte B und C direkt aneinander gelötet und auf der Temperatur 0°

gehalten wären, also wie der Wert $\frac{dE}{dt}$, der in der Gleichung von Thomson-Clausius-Budde (S. 105) auftritt.

Der Bereich der Temperatur t braucht bloss die bei den Peltier-Effekt-Messungen vorkommenden Temperaturen zu umfassen. (Alles Nähere bei der Ausführung der Messungen S. 151 ff.)

B. Die Ausführung der Messungen, ihre Berechnung und ihre Resultate.

I. Die Dimensionen der untersuchten Stäbe und Kombinationen.

Da sowohl bei der Π- als bei der k-Bestimmung bloss die stationäre Temperatur-Verteilung zur Messung benutzt wurde, so war zu wünschen, dass es nicht zu lange währte, bis diese jeweilen erreicht war. Die Stäbe durften also nicht zu lang gewählt werden. Dieses war aber noch aus einem andern Grunde geboten. Weil nämlich die äussere Wärmeleitung h eine Grösse ist, die experimentell nicht sehr genau ermittelt werden kann, müssen die Dimensionen der Stäbe so gewählt werden, dass h keinen zu grossen Einfluss auf ihre Temperatur-Verteilung hat. Wie sich nun aus den Formeln (12) S. 111 und (57) S. 122 ergibt — und wie es eigentlich auch selbstverständlich ist — ist das dann der Fall, wenn $\lambda l = \sqrt{\frac{hp}{kq}} \cdot l$ möglichst klein ist. Hiernach sollten also die Längen nicht zu gross und die Querschnitte nicht zu klein sein; und das muss umsomehr berücksichtigt werden, je kleiner die Wärmeleitfähigkeit des Metalls ist. Deshalb wurden bei den verschiedenen Stabkombinationen die Längen der beiden Stabteile nicht gleich gross, sondern etwas mit Rücksicht auf ihre Leitfähigkeit gewählt. Bei der Π-Bestimmung durften die Querschnitte auch deshalb nicht zu klein gewählt werden, weil sonst ein nicht ganz genaues Zusammenpassen der zusammengelöteten Flächen beider Stabteile vielleicht einen ziemlich grossen Fehler hätte verursachen können. Andererseits wollte ich die Querschnitte auch nicht zu gross wählen, da sonst der Stromverbrauch sehr bedeutend ausgefallen wäre und — wenigstens bei dem schlecht leitenden Konstantan — die Flächen gleicher Temperatur nicht mehr Ebenen gewesen wären.

Die genauen Werte der dementsprechend gewählten Dimensionen der Stäbe und Stabteile gibt Tabelle 1 an.

In l_1 bezieht sich der Index 1 auf das in der Kombination zuerst genannte Metall, der Index 2 in l_2 auf das an zweiter Stelle stehende.

Tabelle 1.

Für die Π-Bestimmung				Für die k-Bestimmung		
Kombination	l_1	l_2	q	Metall	$2\,l'$	q
Eisen-Konstantan	9,84	6,20	$1{,}042_3$	Eisen	16,20	$1{,}108_3$
Kupfer-Nickel . .	15,00	8,00	$0{,}941_5$	Kupfer . . .	23,10	$0{,}941_1$
Kupfer-Konstantan	16,10	7,00	$0{,}940_8$	Nickel . . .	16,20	$0{,}947_6$
				Konstantan .	16,20	$1{,}780_4$

Einheit: cm; $2\,l'$ = Länge des Stabes.

II. Über Anordnungen und Apparate, die bei den Messungen benutzt wurden.

Es soll hier eine ganz schematische Darstellung der Messanordnung gegeben werden, wie sie bei den Peltier-Effekts- und Leitfähigkeits-Messungen gebraucht wurde. Fig. 5 zeigt die Kühlvorrichtung im Ausgussbecken und die Stromzuleitung; Fig. 6 zeigt die

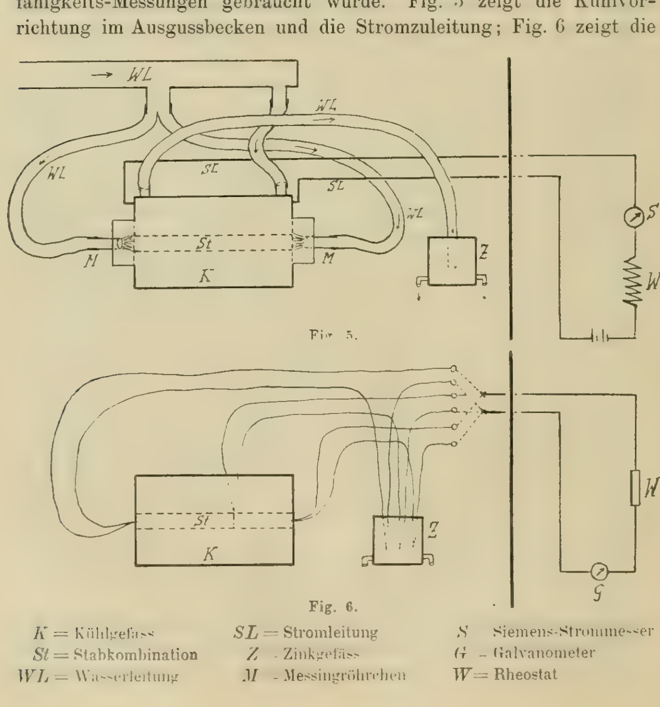


Fig. 5.

Fig. 6.

K = Kühlgefäss
St = Stabkombination
WL = Wasserleitung
SL = Stromleitung
Z = Zinkgefäss
M = Messingröhrchen
S = Siemens-Strommesser
G = Galvanometer
W = Rheostat

Anordnung der die Temperatur in den Stäben messenden Thermoelemente (speziell für den Fall einer Peltier-Effekt-Messung) und die anschliessende Galvanometerleitung. Die nähere Beschreibung der einzelnen Teile findet man in diesem Kapitel.

Die Kühlgefässe. Um die bei der Π- und k-Bestimmung nach S. 108 und S. 121 vorgeschriebenen Grenzbedingungen für die Stabkombinationen resp. die Stäbe zu realisieren, wurden zwei Kühlgefässe hergestellt, die sich nur durch verschiedene Länge von einander unterschieden; diese Längen waren entsprechend den nach Tabelle 1, S. 128 angegebenen Dimensionen gewählt zu 23 cm und 16 cm. Die Gefässe bestanden aus zwei doppelwandigen Halb-Kreiszylindern, die mit je zwei Röhrchen versehen waren, um das Kühlwasser zu- und abfliessen zu lassen. Beide Halbzylinder konnten mittelst eines Scharniers so zusammengeklappt werden, dass sie bis auf einen offen bleibenden Schlitz (um die Thermoelemente durchzulassen) einen doppelwandigen Hohlzylinder bildeten, dessen innerer Durchmesser 7 cm und dessen äusserer Durchmesser 13 cm betrug. Auf die ringförmigen Endflächen wurden elektrisch gut isolierende Kautschuk-Ringe von zirka $^1/_2$ cm Dicke geklebt.

Bevor nun die Stäbe in das Kühlgefäss gebracht wurden, lötete man auf die Enden des Stabes resp. der Stabkombinationen $^1/_2$ bis 1 mm dicke Kupferplatten mit gleichem Durchmesser, als der des Kühlgefässes betrug, aber so, dass die Enden des Stabes zuerst in eine genau passende Bohrung in den Platten gesteckt und dann nur die Ränder des Bohrloches mit dem Stab verlötet wurden und zwar auf der Seite der Platten, die gegen die Mitte des Stabes gekehrt war. An die Kupferplatten waren noch kurze dicke Kupferdrahtstücke gelötet zur bequemeren Zuleitung des Stromes und niedere zylindrische Kupferstreifen, um das gegen die Enden des Stabes spritzende Kühlwasser günstig abfliessen zu lassen. Die ganze Apparatur wurde dann über das Kühlgefäss geschoben, so dass, nachdem dieses zugeklappt worden, die Axe des Stabes mit der Axe des Kühlgefässes zusammenfiel. Der offen bleibende Schlitz wurde mit Watte zugestopft. Die dem Stabe aufgelöteten Kupferplatten wurden vom Kühlgefäss gestützt durch kleine an den Endflächen angebrachte Haken. Gewöhnlich schlossen sich die Kupferplatten ganz eng den Endflächen des Kühlgefässes an, so dass man eine Luftströmung zwischen hindurch nicht zu befürchten hatte.

Das Kühlgefäss kam dann in ein Ausgussbecken zu stehen. Gegen die Enden des Stabes liess man mittelst Messingröhrchen (M in Fig. 5), die ungefähr gleich weit waren, als die Stabdicke be-

trug, und an Stativen fest eingeklemmt wurden, das Kühlwasser in möglichst kräftigem Strahle spritzen. Mit Rücksicht auf die Grösse des Wasserbeckens und seines Abflussrohres durfte allerdings die Wassermenge 0,5 Liter pro Sekunde für jedes Stabende nicht überschritten werden.

Von der gleichen Wasserleitung, die das Wasser für die Stabenden lieferte, wurde das Wasser entnommen, das, durch den Kühlmantel fliessend, die Umgebung des Stabes auf konstanter Temperatur zu halten hatte. Nachdem es beide Hälften des Kühlgefässes passiert hatte, floss es mittelst eines Schlauches in ein kleines mit zwei Abflussröhrchen versehenes Zinkgefäss (s. Fig. 5) von 12 cm Höhe und 11 cm Durchmesser, in welchem sich die eine Lötstelle der benutzten Thermoelemente befand. Dieses Gefäss war stets bis zum Rande mit Wasser gefüllt, dessen Temperatur aber um weniges von derjenigen des gegen die Enden der Stäbe spritzenden Kühlwassers abwich, da beim Passieren des Kühlgefässes die Temperatur um einiges stieg. Diese Temperaturdifferenz machte sich natürlich um so mehr bemerkbar, je grösser der Unterschied zwischen Kühlwasser- und Lokaltemperatur war, d. h. am meisten im Winter, da jene 4^0, diese 17^0 betragen konnte. Doch wurde diese Differenz bei den Messungen genau in Rechnung gezogen.

Eine Hauptbedingung bei den Messungen bestand darin, dass die Temperatur des Kühlwassers während längerer Zeit absolut konstant blieb und zwar — weil oft ganz kleine Temperaturdifferenzen (bis zu 1^0 hinunter) gemessen werden mussten — konstant bis auf ein paar Hundertstel eines Grades. Das war nun immer der Fall, wenn nachts gearbeitet wurde, indem dann die Temperatur sich oft während einer halben Stunde oder noch längerer Zeit kaum um $\frac{1}{100}{}^0$ änderte. Tagsüber dagegen trat jedes Mal, wenn von derselben Haupt-Wasserleitung in einem anderen Zimmer Wasser abgenommen wurde, eine plötzliche Änderung der Temperatur ein, die recht erheblich sein konnte (oft $\frac{1}{10}{}^0$ und mehr). Aus diesem Grunde wurde vorgezogen, die Π- und k-Messungen gewöhnlich nachts zwischen 7 und 12 Uhr auszuführen, zu einer Zeit, da auch äussere Einflüsse von den übrigen Laboratorien her nicht störend auf das Galvanometer wirkten und da die Lokaltemperatur auch im Winter ziemlich konstant blieb; (die Heizung verursachte tagsüber starke Schwankungen).

Die Kühlwasser-Temperatur wurde mit einem Haak'schen Normal-Thermometer, das hundertstel Grade abzulesen gestattete, gemessen.

Die Thermoelemente. Die Messung der Temperaturen in den Stäben geschah mittelst Thermoelementen aus Eisen-Konstantan. Da keine grösseren Temperaturdifferenzen als 15^0 bei den Messungen vorkamen, so kann man als sicher annehmen, dass die elektro-

motorische Kraft des Thermoelements proportional der Temperaturdifferenz der Lötstellen ist. Die Drähte durften nicht zu dünn gewählt werden, weil der Widerstand der Elemente sonst eine zu kleine Grad-Empfindlichkeit am Galvanometer hervorgerufen hätte. Der benutzte Eisendraht war isoliert und 0.25 mm dick (ohne Isolation), der Konstantandraht war z. T. blank (für die Messungen mit Schlauch isoliert) z. T. isoliert und 0.25 mm dick (ohne Isolation). Um andererseits eine durch die relativ grossen Querschnitte der Drähte bedingte Wärmeableitung durch die Thermoelemente zu vermeiden, wurden die Drähte, bevor man sie zusammenlötete, an ihren Enden mit der Feile etwas zugespitzt. Die Lötstellen wurden in die Stäbe eingestemmt, ein Verfahren, das sich am zweckmässigsten erwies. Die Bohrlöcher für die Thermoelemente waren 1.5 mm tief und 0.5 mm weit.

Die zweite Lötstelle eines Thermoelements, die stets auf Kühlwassertemperatur in einem kleinen Gefäss (Z in Fig. 5, S. 128), gehalten wurde, durfte nicht ohne weiteres in das fliessende Kühlwasser gesetzt werden, denn 1. wäre durch die mechanische Einwirkung des bewegten Wassers auf die Lötstelle eine störende elektromotorische Kraft aufgetreten und 2. hätte folgender andere Umstand grosse Fehler verursacht. Fliesst nämlich ein Strom durch den zu untersuchenden Stab, oder ist dieser auch bloss mit einem Pol einer Akkumulatorenbatterie verbunden, während der andere Pol nicht genügend von der Erde isoliert ist, so wird, weil der Stab ein anderes Potential als die Erde hat und weil durch das Thermoelement und das Kühlwasser eine leitende Verbindung vorhanden ist, ein kleiner Strom vom Stab zur Erde hin auftreten, von dem ein Teil auch durch das mit dem Thermoelement verbundene Galvanometer fliessen und dort wegen der grossen Empfindlichkeit einen störenden Ausschlag verursachen wird. Wie Versuche darüber gezeigt haben, konnte derselbe bis 300 Skalenteile betragen und war natürlich veränderlich.

Um beide Fehlerquellen zu beseitigen, wurden die nackten Lötstellen der Thermoelemente in ganz dünnwandige, 6 mm weite und 14 cm lange Glasröhrchen gesetzt, die unten beim Zuschmelzen in eine Spitze ausgezogen worden waren und mit dem sehr guten Isolator Petroleum angefüllt wurden. Die Lötstelle kam ganz in die Spitze zu stehen. Die Glasröhrchen standen zirka 10 cm tief im Kühlwasser und man konnte sicher sein, dass die Lötstellen genau die Temperatur des Kühlwassers hatten.

Doch wenn jetzt auch keine Erdverbindung durch das Kühlwasser vorhanden war, so konnte doch — wie weitere Versuche zeigten — die oben genannte Störung nur schon dadurch hervorgerufen werden,

dass das Thermoelement in seinen verschiedenen Teilen oder das Galvanometer und seine Leitung nicht genügend von der Erde isoliert waren. Es wurde deshalb das Galvanometer, das auf einer Holzkonsole stand, auf Porzellan-Isolatoren gestellt und die ganze Galvanometerleitung, der dem Galvanometer vorgeschaltete Widerstand und die Thermoelement-Drähte mit Hülfe von Paraffin gänzlich von der Erde isoliert. Nach Anwendung dieser Massregeln konnte gar kein störender Einfluss mehr am Galvanometer konstatiert werden.

Um störende thermoelektrische Kräfte innerhalb der Thermoelement-Kreise nach Möglichkeit zu vermeiden, wurden die Stellen, wo die Eisendrähte der Thermoelemente an die Kupferleitungen zum Galvanometer gelötet waren, neben einander gelegt und gut in Watte eingehüllt. Die genannten Kupferleitungen führten zu Quecksilber-Näpfchen, die in ein Glasgefäss mit Deckel eingesetzt waren, um vor Luftströmungen geschützt zu sein. Von diesen Quecksilber-Näpfchen führte dann eine Kupferleitung zum Galvanometer (vergl. Fig. 6, S. 128).

Beim Einstemmen der Thermoelemente in den Stab wurde darauf geachtet, dass die Ebene, welche die in der Lötstelle dicht neben einander liegenden Drähte bildeten, stets normal zur Stabaxe zu stehen kam. Doch auch so konnte nicht vermieden werden, dass ein Teil des grossen durch den Stab fliessenden Stromes sich durch die Galvanometerleitung abzweigte. Bei der Untersuchung über die Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke wirkt dieser Umstand nicht störend, weil diese Abzweigung proportional der Stromstärke ist, ebensowenig bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit, weil sich dort der Fehler durch Kommutieren des Stromes heraushebt; wohl aber braucht man die Grösse des abgezweigten Stromes zu kennen bei der absoluten Peltier-Effekt-Messung (s. S. 144).

Es wurde auch besonders darauf geachtet, dass die Thermoelemente rings um das Bohrloch herum gleichmässig stark eingestemmt wurden, denn man könnte vermuten, dass bei nur teilweiser Berührung der Lötstelle mit dem Stabe störende Peltier-Effekte auftreten könnten. Ich glaube zwar, dass diese Befürchtung unbegründet ist, wie folgende Überlegung zeigen soll.

Wir wollen annehmen, die Berührung des Lotes der Lötstelle des Thermoelements mit der Wandung des Bohrloches sei nur partiell. Die Stromlinien, die bei Fehlen des Bohrloches parallel zur Stabaxe verlaufen würden, werden jetzt in der Umgebung des Loches gekrümmt. Ein Teil des ganzen Stromes wird mit bestimmt grosser Dichte durch einen gewissen Teil q der Berührungsfläche vom Stab zur Lötstelle fliessen und einen gewissen Peltier-Effekt hervorrufen; dieser Teil des Stromes muss aber notwendigerweise, weil wir stationären Zustand

haben, durch irgend einen andern Teil q' der Berührungsfläche, wenn auch mit anderer Dichte, wieder von der Lötstelle zum Stabe fliessen und ruft dabei einen gleich grossen, dem Vorzeichen nach aber entgegengesetzten Peltier-Effekt als vorhin hervor, da bekanntlich der Peltier-Effekt ganz unabhängig von der Grösse der Berührungsfläche ist. Das Resultat ist also, dass beide Peltier-Wirkungen sich gegenseitig aufheben.

Die Aichung der Thermoelemente geschah immer direkt im Anschluss an die Hauptmessungen, indem die ganze Messanordnung stehen gelassen und nur an Stelle des Gefässes, das die Lötstellen in den Glasröhrchen enthielt (Z in Fig. 6), ein 24 cm hohes, 20 cm weites mit Watte umhülltes Kupfergefäss gesetzt wurde, in welches ein anderes 20 cm hohes, 12 cm weites Kupfergefäss zu stehen kam. Das Wasser, das sich in beiden Gefässen befand, wurde am zirka 7° über Kühlwassertemperatur erwärmt, und die Lötstellen der Thermoelemente in den Glasröhrchen kamen in das innere der beiden Gefässe zu stehen. Man wählte eine so kleine Temperaturdifferenz (7°), damit die Aichung bei möglichst gleichem Widerstande der Galvanometerleitung, als der bei der Hauptmessung benutzte betrug, vorgenommen wurde. Es mussten also die Temperaturen der beiden Lötstellen sehr genau gemessen werden. Zur Bestimmung der Temperatur des Kühlwassers, auf der sich die Lötstelle im Kühlgefäss befand, diente, wie schon erwähnt, ein Haak'sches Normalthermometer, das bis 30° zeigte und hundertstel Grade genau abzulesen gestattete. Im Wasserbad befand sich ein Tonnelot'sches Thermometer, das bis 50° zeigte und ebenfalls in zehntel Grade eingeteilt war. Beide Instrumente wurden untereinander und mit noch zwei anderen Normalthermometern verglichen und die Korrektionskurven bestimmt. Das Haak'sche Thermometer hatte ziemlich grosse und zwar unregelmässige Korrektionen, während das Tonnelot'sche recht genau zeigte.

Die Stromleitung. Als Stromquelle für die Messungen an den Stäben und Stabkombinationen dienten 4 grosse Akkumulatoren mit je 700 Amperestunden Kapazität, von denen entweder alle vier oder zwei Gruppen zu je zwei parallel geschaltet waren. Der grösste Strom (bei Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer), der aus ihnen entnommen wurde, betrug 300 Ampères.

Von den Akkumulatoren aus leiteten dicke bifilar geführte Kupferkabel den Strom zu einem Messtisch und von dort zum Ausguss und den zu untersuchenden Stäben. Ausser einem ganz groben Regulierwiderstand, zu dem unter Umständen auch noch ein Wellblech-Widerstand geschaltet wurde, befand sich im Stromkreis ein von mir

selbst konstruierter Rheostat, der aus einem kreisförmigen in zwei Quecksilber-Rillen spielenden Doppeldraht aus Kupfer bestand und zu äusserst feiner Regulierung des Stromes diente. Je nach Grösse des Stromes nahm man dünneren oder dickeren Kupferdraht. Ein Regulierwiderstand mit Schleifkontakt erwies sich nämlich der veränderlichen Übergangswiderstände wegen zur feinen Regulierung als ganz unbrauchbar; und bei meinen Messungen lag ja ein Haupterfordernis darin, die Stromstärke während längerer Zeit ganz konstant zu halten.

Die Stromstärke musste sowohl bei der Π- als bei der k-Bestimmung (bei letzterer kommt ja i im Quadrat vor) sehr genau gemessen werden. Dazu diente ein Präzisions-Siemens-Milli-Ampèremeter mit verschiedenen Nebenschlüssen (z. T. mit Wasserkühlung), das immer wieder von Zeit zu Zeit genau geaicht wurde sowohl durch Vergleichung mit anderen Präzisions-Siemens-Milli-Ampèremetern, deren Korrektionen genau bekannt waren, als auch mit zwei Thomson'schen Stromwagen. — Das Instrument war genügend weit vom Galvanometer entfernt und blieb immer am gleichen Platz.

Die magnetische Wirkung des Stromkreises auf das Galvanometer verursachte immer einen Ausschlag von einigen Skalenteilen, doch kam diese Störung nicht in Betracht, da nur stationäre Temperaturzustände beobachtet wurden.

Das Galvanometer. Da es sich bei den Messungen meistens um Temperaturdifferenzen von bloss ein paar Graden handelte, war ein recht empfindliches Galvanometer erforderlich. Ich benutzte ein astatisches aperiodisches Galvanometer von Hartmann und Braun mit vier Spulen, dessen Empfindlichkeit durch äussere Astasierung noch bedeutend erhöht wurde, so dass sie ungefähr $3{,}7 \times 10^{-8}$ betrug, d. h. ein Strom von $3{,}7 \times 10^{-8}$ Ampères bewirkte einen Ausschlag von 1 mm an der Fernrohrskala, wenn diese 180 cm vom Galvanometerspiegel entfernt war. Die Ablesung der Galvanometer-Ausschläge geschah immer mit Fernrohr, Spiegel und Skala nach Poggendorffs Methode. Da die Astasierung und Kupferdämpfung sehr gross war, musste nach Schliessung des Galvanometerkreises immer zirka $1^1/_2$ Minuten gewartet werden, bis der konstant gewordene Ausschlag abgelesen werden konnte. Die elastische Nachwirkung des Fadens war nicht bedeutend, indem sie nach den grössten vorkommenden Ausschlägen (300 mm) höchstens 1 mm Ausschlag bewirkte. Der Widerstand des Galvanometers, die Zuleitung mitgerechnet, betrug $9\overset{\Omega}{.}10$ bei 16°.

Die Einrichtung wurde so getroffen, dass die sämtlichen Ausschläge am Galvanometer nur nach der einen Seite der Skala, zu

den grossen Zahlen hin, erfolgten. Es musste also diese Hälfte der Skala genau graduiert, d. h. die Abweichung der Grösse der Ausschläge von der Proportionalität mit dem durch das Galvanometer fliessenden Strom bestimmt werden.

Dies geschah in der ersten Zeit so, dass man das Galvanometer, nachdem man ihm einen sehr kleinen Widerstand parallel geschaltet hatte, in Serie mit einer grossen Tangentenbussole (bei der die auf die Tangente reduzierten Ausschläge genau proportional den hindurchfliessenden Strömen waren) und mit einem Regulierwiderstand in einen Stromkreis schaltete und eine Reihe von Ausschlägen am Galvanometer mit den entsprechenden an der Tangentenbussole verglich. Späterhin wurde jedoch nur nach der folgenden Methode graduiert, die wohl bedeutend genauer ist.

Fig. 7 zeigt die Schaltung: w' ist ein genau bekannter kleiner Widerstand von $\frac{1}{19}^{\Omega}$, w der Widerstand eines genauen Stöpselrheostaten von Siemens und Halske bis $10\,000^{\Omega}$. Wählen wir i ungefähr $=$ 1 Ampère, gemessen an einem Präzisions-Siemens-Milli-Ampèremeter, so muss wegen der grossen Empfindlichkeit des Galvanometers der Widerstand w sehr gross gewählt werden (ein paar Tausend Ohm), und da die Ströme i' und i'' sich umgekehrt wie die Widerstände w' und $w + w_g$ verhalten, so kann ohne weiteres $i = i'$ gesetzt werden. Lässt man jetzt i stets konstant und variiert w so, dass man die Ausschläge 50, 100, 150, 200, 250, 300 mm am Galvanometer erhält, so bleibt auch die Spannung zwischen den Enden von w' praktisch konstant, und es ist also i'' indirekt proportional zu $w + w_g$.

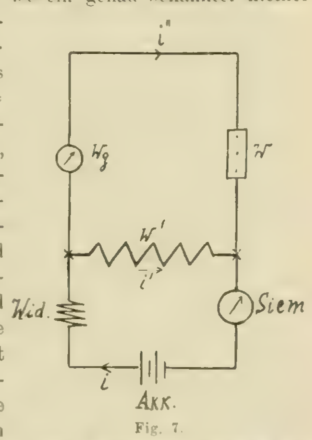


Fig. 7.

Verglich man nun $w + w_g$ mit den zugehörigen Ausschlägen, so erhielt man im Sommer andere Werte für die an den Ausschlägen anzubringenden Korrektionen als im Winter. Nahm man als Normalausschlag 150 mm an, so konnte diese Differenz bei 300 mm 1 bis 2 mm betragen. Das rührt jedenfalls daher, dass die Torsions-Konstante des Fadens am Galvanometer vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft des Zimmers abhängt. Im Winter war die Luft von der Heizung her recht trocken, im Sommer dagegen, weil das Laboratorium im

Kellergeschoss lag, recht feucht. — Es wurde daher die Graduierung immer wieder von Zeit zu Zeit vorgenommen.

Die Empfindlichkeit ε des Galvanometers wurde ebenfalls mit der Versuchsanordnung, die Fig. 7 zeigt, bestimmt. Wie man leicht erkennt, ist:

$$\varepsilon = \frac{w' \cdot i}{(w + w_g) \times \text{Galv. Ausschlag}}.$$

— Zur Vermeidung störender Thermokräfte waren sämtliche Klemmen des Galvanometers in Watte gehüllt.

Da meistens nachts gearbeitet wurde, kamen Widerstandsänderungen des Galvanometers infolge von Temperaturschwankungen im Lauf einer Beobachtungsserie nicht vor.

III. Die einzelnen Messungen und ihre Berechnung.

1. Die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit k.

Vergl. die in Fig. 5 u. 6, S. 128 angegebene Versuchsanordnung.

Die Wärmeleitfähigkeit k wurde an Stäben bestimmt, die von denselben 1 m langen Stangen geschnitten waren, welche die Stäbe für die Peltier-Effekt-Messungen lieferten.

Zuerst wurde an einem kleinen Stück des zu untersuchenden Metalls die Dichte bestimmt nach der S. 124 angegebenen Methode.

Nachdem dann der Stab auf die S. 128 festgesetzten Dimensionen abgedreht worden war, wurde seine Masse, Länge und Dicke gemessen. Dann wurden die Kupferplatten auf die Enden aufgelötet (s. S. 129), die drei Thermoelemente eingestemmt — in die Mitte (Querschnitt II) und je 1 cm von den Enden des Stabes entfernt (Querschnitt I und III) — und das Ganze in das passende Kühlgefäss eingesetzt. Es erfolgte dann die Anordnung, wie sie Fig. 5 und Fig. 6, S. 128 zeigen.

Zirka eine Stunde nach Öffnen des Kühlwasserhahnes, als die Temperatur des Wassers sicher konstant geworden war, wurde für jedes der drei Thermoelemente der Ausschlag am Galvanometer abgelesen, der dann als Korrektion an den späteren Ablesungen anzubringen war. Diese Korrektion betrug, falls der dem Galvanometer vorgeschaltete Widerstand = 0^{Ω} war, immer zirka 2 mm wegen der kleinen Temperaturdifferenz zwischen den beiden Lötstellen der Thermoelemente (S. 130) und wegen der kleinen thermoelektrischen Störungen im Galvanometerkreis.

Nachdem dann der Strom i geschlossen war, musste man bei dem schlechtesten Leiter (Konstantan) zirka 1/2 Stunde warten, bis

der stationäre Temperaturzustand eingetreten war — bei Kupfer war dieser schon nach wenigen Minuten erreicht — und während dieser Zeit wurde die Stromstärke genau reguliert und die Kühlwassertemperatur kontrolliert. Natürlich konnte die Zeit bis zum Eintritt des stationären Zustandes verkürzt werden, indem man zuerst einen grösseren Strom anwandte, den man dann nach und nach verkleinerte und schliesslich konstant hielt.

Dann erfolgte die Ablesung der stationär gewordenen Ausschläge am Galvanometer.

Darauf Kommutieren des Stromes und Ablesung der neuen Ausschläge.

Dann wurde, ohne den Strom zu unterbrechen, die Widerstandsmessung des Stabes vorgenommen, ebenfalls bei beiderlei Stromrichtung, nach der S. 123 angegebenen Methode. Zum Anschluss der Querschnitte I und III des Stabes an die Galvanometerleitung dienten natürlich die Drähte der dort eingestemmten Thermoelemente.

Darauf erfolgte Wiederholung der Messungen mit einer zweiten resp. dritten Stromstärke.

Darauf Aichung der Thermoelemente nach S. 133.

Darauf Vergleichung der bei den obigen Messungen benutzten Widerstände des Galvanometerkreises.

Um nämlich stets passend grosse Ausschläge am Galvanometer zu bekommen, waren bei den obigen Messungen je nach der Stromstärke verschieden grosse Widerstände dem Galvanometer vorgeschaltet gewesen, und da die Aichung der Thermoelemente immer nur bei einem solchen von 20 Ω vorgenommen wurde, so mussten alle in Frage kommenden Widerstände des Galvanometerkreises mit einander verglichen werden, um die Ausschläge zu reduzieren. Das geschah nun so, dass man, ohne die oben benutzte Messanordnung zu ändern, nur an Stelle des Kühlwassergefässes Z in Fig. 6 ein Wasserbad setzte von gleicher Art wie bei der Aichung der Thermoelemente (s. S. 133) und bei einer passend grossen Temperatur desselben die Ausschläge am Galvanometer bei Vorschaltung der verschiedenen benutzten Widerstände beobachtete und miteinander verglich.

Schliesslich erfolgte Bestimmung der Empfindlichkeit ε des Galvanometers nach S. 136.

Über die Provenienz der Metalle, die untersucht wurden, seien noch folgende Angaben gemacht:

Das Eisen stammte von einer Zürcher Firma und war gewöhnliche Handelsware und zwar gezogenes Flusseisen. Das Kupfer wurde mir als reines elektrolytisches Kupfer von einer ausländischen

Firma geliefert. Das Nickel und Konstantan stammte von Basse und Selve in Altena, Westfalen; ersteres ist als rein geliefert worden.

Resultate. In den Tabellen 2—4 sind die Resultate der oben beschriebenen Messungen zusammengestellt.

Zunächst gibt Tabelle 2 die Massen, Dichten und Dimensionen der Stäbe an:

Tabelle 2.

Material	M	$2l'$	$2l$	ϱ	q_ϱ
Eisen	140,69	16,20	14,20	7,836	$1,108_3$
Konstantan	256,01	16,20	14,20	8,876	$1,780_4$
Kupfer	192,57	23,10	21,10	8,858	0,9411
Nickel	133,24	16,20	14,17	8,679	0,9476

Hierin bedeutet:

M die Masse des Stabes,

$2l'$ die Länge des Stabes,

$2l$ die Länge des Stabes zwischen Querschnitt I und III,

ϱ die Dichte des Stabes,

q_ϱ den aus der Dichte ϱ berechneten Querschnitt des Stabes.

Tabelle 3 enthält die Resultate der Temperatur-Messungen, die im Winter vorgenommen wurden bei einer Kühlwassertemperatur von 6° bis 8°:

Tabelle 3.

Material	i	s^{II}	s_a	s_0	w	u	$\frac{i^2}{s_0}$
Eisen . . .	100,45	5,137	1,292	3,845	0,0001665	7,1	2624
	120,33	7,432	1,867	5,565	0,0001681	8,5	2602
Konstantan .	54,90	5,956	1,526	4,430	0,0003916	11,7	680,4
	62,34	7,532	1,875	5,657	0,0003928	12,8	687,0
Kupfer . . .	220,5	2,167	0,604	1,563	0,00004208	9,7	31100
	281,4	3,595	1,049	2,546	0,00004227	10,3	31100
Nickel . . .	80,57	5,886	1,616	4,270	0,0002110	12,7	1521
	100,30	9,112	2,493	6,619	0,0002128	15,2	1520

Hierin bedeutet:

i die Stärke des Erwärmungsstromes in Ampères,

s^{II} die Temperatur in der Mitte des Stabes und zwar der Mittelwert für beiderlei Stromrichtung (die Kühlwassertemperatur als 0° angenommen),

s_a den Mittelwert aus den Temperaturen in den Querschnitten I und III, ebenfalls im Mittel für beiderlei Stromrichtung (Kühlwassertemperatur als 0° angenommen),

s_a die Differenz $s^{II} - s_p$,
w den Widerstand des Stabes zwischen I und III in Ohm,
u die Mitteltemperatur des Stabes in Celsiusgraden, berechnet aus $u = u_0 + s_p + \frac{1}{3} s_a$, wo u_0 die Kühlwassertemperatur in Celsiusgraden ist. —

Von den verschiedenen Einzelmessungen sei als weiteres Beispiel eine im Sommer aufgenommene Beobachtungsserie bei $u_0 = 13^0$ angeführt.

Tabelle 4.

Material	i	s^{II}	s_a	s_p	w	u	$\frac{i^2}{s_p}$
Eisen . . .	94,51	4,919	1,324	3,595	0,0001736	17,1	2485
	114,50	7,204	1,932₅	5,272	0,0001748	18,5	2486
Kupfer . .	282,0	3,666	1,114₅	2,551	0,00004292	16,1	31170
Nickel . . .	74,50	4,995	1,259	3,736	0,0002159	17,6	1486
	90,53	7,346	1,849	5,497	0,0002170	18,4	1491

Zur Bestimmung von k (und Π) ist erforderlich:

Die Bestimmung der sog. „Konstanten" der äusseren Wärmeleitfähigkeit h.

Die Messung geschah nach der S. 124 f. beschriebenen Methode. Da h abhängig ist von der Form und den Dimensionen des Körpers sowie von der Grösse und Gestalt des Luftraumes zwischen dem sich abkühlenden Körper und dem Kühler, so wurden die gleichen oben benutzten Stäbe, nachdem man die Kupferplatten an ihren Enden und die Thermoelemente in den Querschnitten I und III entfernt hatte, zur h-Bestimmung benutzt, indem man sie mittelst zweier Baumwollfäden in ein Kühlgefäss hängte, das ganz die gleichen Dimensionen hatte, wie das bei den vorigen Messungen benutzte, nur dass es einige Zentimeter länger war, damit der Stab frei hängen konnte. Die Enden des Gefässes wurden durch Kupferplatten abgeschlossen, gegen die dann das Kühlwasser spritzte.

Es soll hier wiedergegeben werden ein Abkühlungsversuch für den Eisenstab.

Die Daten des Stabes waren: Masse $M = 140{,}7$ gr; Oberfläche $O = 62{,}7$ cm²; spezifische Wärme $c = 0{,}105$.

Waren beide Lötstellen des Thermoelements auf gleicher (Kühlwasser-) Temperatur, so betrug der Ausschlag am Galvanometer 1,5 mm, der als Korrektion δ an allen Ablesungen anzubringen ist.

In der folgenden Tabelle bedeutet:

r den Ausschlag am Galvanometer in mm, abgelesen alle ½ Minute,

x' den nach der Graduierungskurve des Galvanometers und um δ korrigierten Wert von x,

$\varDelta \log x'$ die Differenz der Werte $\log x'$, wenn man den ersten mit dem neunten, den zweiten mit dem zehnten (Intervall 4 Minuten) usw. kombiniert,

u die Temperatur des Stabes, die Kühlwassertemperatur als 0° genommen.

Die Kühlwassertemperatur betrug 3°9 Celsius.

Tabelle 5.

Zeit	x	x'	$\log x'$	$\varDelta \log x'$	$\varDelta \log x'$ Mittel	u
1^h 40′ 30″	306,8	307,6	2,4880			7,92
41 0	299,9	300,8	4783			
30	293,1	294,1	4685			
42 0	286,8	287,9	4592			
30	280,2	281,4	4493			
43 0	274,0	275,2	4396			
30	268,0	269,3	4302			
44 0	262,0	263,4	4206			
30	256,3	257,8	4113	0,0767		6,64
45 0	251,0	252,5	4023	0760		
	245,9	247,5	3936	0749		
	240,2	241,8	3835	0757		
	235,3	237,0	3747	0746	0,0744	
	230,4	232,1	3657	0739		
	225,5	227,2	3564	0738		
	221,0	222,7	3477	0729		
	216,4	218,2	3389	0724		5,62
	212,0	213,8	3300	0723		
	207,7	209,5	3212	0724		
50 0	203,3	205,1	3120	0715		
	199,3	201,2	3036	0711	0,0712	
	195,3	197,2	2949	0708		
	191,3	193,2	2860	0704		
	187,6	189,5	2776	0701		
	183,9	185,8	2690	0699		4,78
	180,2	182,2	2605	0695		
	176,7	178,7	2521	0691		
	173,2	175,2	2435	0685		
	169,9	171,9	2353	0683	0,0684	
55 0	166,6	168,6	2269	0680		
	163,4	165,4	2185	0675		
	160,2	162,2	2101	0675		
	157,1	159,1	2017	0673		4,09
	154,1	156,1	1934	0671		
	151,1	153,1	1850	0671		

Tabelle 5 (Fortsetzung).

Zeit	r	x'	$\log x'$	$\Delta \log x'$	$\Delta \log x'$ Mittel	u
	148,4	150,4	2,1772	0,0663		
	145,9	147,9	1700	0653	0,0659	
	142,9	144,9	1611	0658		
	140,1	142,1	1526	0659		
2′ 0′ 0″	137,8	139,8	1455	0646		
	135,2	137,2	1374	0643		3,53
	132,9	134,9	1300	0634		
	130,1	132,1	1209	0641		
	127,8	129,8	1133	0639		
	125,2	127,2	1045	0655	0,0636	
	123,0	125,9	1000	0611		
	120,9	122,9	0896	0630		
	118,8	120,8	0821	0634		
	116,5	118,5	0737	0637		3,05
2 5 0	114,2	116,2	0652	0648		
	112,2	114,2	0577	0632		
	110,5	112,5	0512	0621		
	108,4	110,4	0430	0615	0,0627	
	106,4	108,4	0350	0650		
	104,7	106,7	0282	0614		
	102,9	104,9	0208	0613		
	101,0	103,0	0128	0609		2,65
	99,1	101,1	0048	0604		
	97,3	99,3	1,9969	0608		
2 10 0	95,9	97,9	9908	0604		

Wie die Tabelle 5 zeigt, nehmen die Werte $\Delta \log x'$ stark ab, während sie nach der S. 124 f. gegebenen Theorie konstant bleiben sollten, [dort sind sie bezeichnet mit $\log\left(\frac{u_n - u_a}{u_{n+1} - u_a}\right)$]. Es war also dort unzulässig, h als konstant anzusehen, trotzdem der in Betracht kommende Temperaturbereich bloss 8° beträgt.

Es wurde nun so verfahren, dass man je 8 Werte $\Delta \log x'$ zu einem Mittelwert vereinigte und ebenso die ihnen entsprechenden Temperaturen u. Berechnet man dann für jeden dieser Werte h nach der Gleichung:

$$h = \frac{Mc}{O \cdot \Delta t} \, \Delta \overset{10}{\log} \, x' \cdot 2{,}303,$$

so findet man nach Konstruktion der Kurve $h = f(u)$ die in Tabelle 6 zusammengestellten Werte:

Tabelle 6.

u[1]	h
1°	0,0001240
3	1380
5	1560
7	1719

Einheiten: cm, gr, sek, 1° C

Die an den Stäben Kupfer, Nickel und Konstantan vorgenommenen Messungen von h ergaben gleich starke Abnahmen von $\Delta \log x'$, und ihre Werte von h stimmen recht nahe mit den in Tabelle 6 angegebenen überein; kleine Abweichungen von diesen erklären sich natürlich aus der Verschiedenartigkeit des Materials und den kleinen Unterschieden in den Dimensionen der Stäbe. Die Resultate sollen hier nicht angegeben werden.

Berechnung der Leitfähigkeiten k.

Zur Berechnung von k wurden jeweils diejenigen Werte von h genommen, die einer Mitteltemperatur des Stabes (s. Tab. 3 und 4) entsprachen. Unter Benützung der Tabellen 3 und 4 und einer Reihe weiterer hier nicht angegebener Beobachtungsserien erhielt man dann nach Formel (59) S. 123 die folgenden Mittelwerte für k:

Tabelle 7.

Material	k	u
Eisen . .	0,1537	9,3°
	0,1512	17,8
Konstantan	0,05325	12,1
Kupfer . .	0,8523	9,7
	0,8552	16,1
Nickel . .	0,1259	12,0
	0,1252	18,0

Einheiten: cm, gr, sek, 1° C

u bedeutet die Mitteltemperatur des Stabes wie in Tabelle 3 und 4.

Tabelle 7 zeigt, dass der Temperaturkoëffizient von k jedenfalls recht klein ist, wenn auch die Versuche wegen des kleinen Temperatur-Intervalls keine genaue Bestimmung desselben gestatten.

Jäger und Diesselhorst[2]) finden in ihrer ausgezeichneten Arbeit über Wärmeleitung ebenfalls recht kleine Temperaturkoëffizienten für reine Metalle. Für Konstantan geben sie den Wert — 0,0024 an.

[1]) u entspricht im Elementargesetz $[dW = h \cdot o\,(u - u_a)\,dt]$ die Grösse $(u - u_a)$.

[2]) Wiss. Abhandl. der phys.-techn. Reichsanstalt **3**, 270, 1900.

2. Die Bestimmung des Peltier-Effekts.

Es wurde zuerst eine ganze Reihe von Versuchen unter Benützung der variablen Temperatur-Verteilung zur Prüfung der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke vorgenommen. Den Messungen lagen zu Grunde die Formeln (37) und (38), S. 115. Doch müssen diese Versuche viel weniger genaue Resultate ergeben als die bei dem stationären Temperaturzustand vorgenommenen. Denn erstens sind die Werte $(v_{+} - v_{-})$ und $(u_{+} - u_{-})$ stets kleiner als $s_{+} - s_{-}$, und da wegen der Trägheit der Galvanometernadel immer zirka $1^1/_2$ Minuten nach erfolgtem Stromschluss gewartet werden musste, bis mit den Ablesungen begonnen werden konnte, so waren die Werte von $v_{+} - v_{-}$ z. B. dann schon viel kleiner geworden im Vergleich zum Wert $s_{+} - s_{-}$ (das natürlich um so mehr, je rascher der stationäre Zustand erreicht wurde). Zweitens aber musste die Stromstärke, da sie meistens recht gross war, immer wieder reguliert werden, um sie konstant zu halten; es war daher nicht gut erreichbar, Galvanometer-Ablesungen in gleichen Zeitintervallen zu erhalten.

Endlich können diese Versuche in einfacher Weise nur zur Untersuchung der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke, nicht aber zur absoluten Peltier-Effekt-Messung dienen. Aus diesen Gründen glaube ich von der Mitteilung der diesbezüglichen Messungen absehen zu können.

Es sollen also bloss die beim stationären Temperatur-Zustand vorgenommenen Messungen besprochen werden, denen die Gleichungen (12) und (14), S. 111 zu Grunde liegen. —

Am zweckmässigsten wäre gewesen, $\Delta S = S_{+} - S_{-}$ direkt zu bestimmen, d. h. nicht aus den Einzelmessungen von S_{+} und S_{-}. Man hätte sich dazu zwei genau gleiche Exemplare der zu untersuchenden Stabkombinationen hergestellt und in ihre Lötflächen je eine Lötstelle ein und desselben Thermoelements eingestemmt. Hätte man dann beide Stäbe in Serie, aber gegen einander (z. B. Eisen-Konstantan, Konstantan-Eisen), geschaltet und einen Strom hindurchgeschickt, so hätte das Thermoelement gleich den Wert von ΔS angegeben. Durch Kommutieren des Stromes hätte man eventuelle Verschiedenheiten der beiden Stabkombinationen eliminiert. Doch in diesem Falle wäre eine recht grosse Abzweigung des Stromes durch die mit dem Thermoelement verbundene Galvanometerleitung aufgetreten, die, wie Versuche zeigten, auch nicht vermieden werden konnte durch isoliertes Einstemmen des Thermoelements.

Es mussten also die Grössen S_{+} und S_{-} jede für sich bestimmt werden, indem man denselben Strom zuerst in der einen,

dann in der entgegengesetzten Richtung durch dieselbe Stabkombination schickte.

Dieselben Messungen dienten sowohl zur Untersuchung der Frage nach der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke als auch zur absoluten-Peltier-Effekt-Messung. Die Messanordnung war die in Fig. 5 und 6, S. 128 gegebene.

Der Gang der Messungen war nun folgender:

Nachdem die beiden Stabteile einer Kombination sorgfältig abgedreht waren auf die S. 128 angegebenen Dimensionen, so dass sie möglichst gleichen Querschnitt hatten, und nachdem ihre Massen, Längen und Dicken gemessen waren, wurden sie mit Zinnlot aneinander gelötet, indem man die zu lötenden Flächen zuerst verzinnte und darauf achtete, dass sie genau auf einander passten. Nach Auflöten der stromzuführenden Kupferplatten wurden die Thermoelemente eingestemmt, eines in der Lötfläche (II) der Stabkombination und je eines in den Endflächen I und III derselben, wie in Fig. 8. Da die Drähte der beiden letzteren Thermoelemente immer in direkter Berührung mit dem Kühlwasser waren, so mussten sie ganz besonders gut paraffiniert sein.

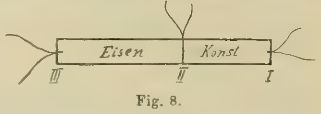


Fig. 8.

Es wurde dann zunächst die Grösse der Strom-Abzweigung bestimmt, die ein durch die Kombination fliessender Strom in der mit den Thermoelementen verbundenen Galvanometerleitung verursachte (vergl. S. 132). Dazu liess man das Kühlwasser aus je zwei Röhrchen in sehr kräftigem Strahle gegen die Querschnitte I, II, III spritzen und sorgte dafür, dass auch der übrige Teil des Stabes unter Kühlwasser zu stehen kam. Benutzte man dann nicht zu starke Ströme und schickte sie ausserdem in der Richtung durch die Kombination, dass sie einen negativen Peltier-Effekt in der Lötfläche hervorriefen, so erhielt man im Galvanometer-Ausschlag die den angewandten Strömen entsprechenden Abzweigungen, da eine Temperaturänderung im Stabe durch den Strom ausgeschlossen war. So konnte man die dem Strome 1 Ampère entsprechende Abzweigung bestimmen.

Nachdem dann die Stabkombination in das Kühlgefäss gebracht worden und die Anordnung wie in Fig. 5 und 6 getroffen war, verfuhr man ganz ähnlich wie bei der k-Messung, nämlich:

1. Beobachtung der Galvanometer-Ausschläge für die Thermoelemente in I, II, III bei Stromlosigkeit der Kombination, nachdem die Kühlwassertemperatur konstant geworden war.

2. Beobachtung der stationär gewordenen Ausschläge für die Thermoelemente in I, II, III bei beiderlei Stromrichtung. [Der stationäre Zustand trat im ungünstigsten Fall (Eisen-Konstantan) zirka ½ Stunde nach Stromschluss ein.]

3. Vergleichung der bei obigen Messungen im Galvanometerkreis benutzten Widerstände.

4. Aichung der Thermoelemente.

5. Wiederholung der gleichen Messungen für andere Stromstärken.

Die Tabellen 8, 9, 10 enthalten als Beispiel je eine Beobachtungsreihe für 3 Kombinationen.

I. Eisen-Konstantan. **Tabelle 8.**

i	s_-^{I}	S_-	s_+^{III}	ΔS	$\frac{\Delta S}{i}$	U
+ — 9,92	+ 0,020₅ — 0,034	+ 1,383 — 1,010	+ 0,010₅ — 0,031₅	2,393	0,2412	285,4
+ — 20,03	+ 0,053 — 0,036	+ 3,143 — 1,633	+ 0,044 — 0,025	4,776	0,2385	286,0
+ — 29,85	+ 0,087 — 0,036	+ 5,176 — 1,891	+ 0,080 — 0,014	7,067	0,2367	286,8
+ — 39,81	+ 0,140 — 0,020	+ 7,592 — 1,822	+ 0,126 + 0,016	9,414	0,2365	288,1
					0,2382	286,6

$u_k = 12^0,2.$

II. Kupfer-Nickel. **Tabelle 9.**

i	s_-^{I}	S_-	s_+^{III}	ΔS	$\frac{\Delta S}{i}$	U
+ — 31,90	+ 0,045₄ — 0,005	+ 0,928₄ — 0,371₁	+ 0,032₈ + 0,022₇	1,299₅	0,04073	285,6
+ — 64,88	+ 0,125 + 0,011	+ 2,445 — 0,169₄	+ 0,120 + 0,106	2,614	0,04030	286,4
+ — 98,52	+ 0,245 —	+ 4,611 — 0,616₂	+ 0,286 —	3,995	0,04055	287,3
+ — 130,54	0,403 + 0,152	+ 7,240 + 1,942	+ 0,497 0,432	5,298	0,04059	287,9
					0,04054	286,8

$u_k = 12^0,3.$

III. Kupfer-Konstantan. **Tabelle 10.**

i	s_+^{I}	S_+	s_+^{III}	ΔS	$\frac{\Delta S}{i}$	U
$\pm$ 39,88	+ 0,131 − 0,014	+ 2,946 − 0,351	+ 0,092 + 0,122	3,297	0,08266	286,6
$\pm$ 54,85	+ 0,208 + 0,014	+ 4,687 + 0,185	+ 0,140 + 0,220	4,502	0,08208	287,5
$\pm$ 70,00	+ 0,307 + 0,504	+ 6,793 + 1,048	+ 0,239 + 0,338	5,745	0,08208	288,2
					0,08227	287,4

$u_k = 12^0,3$.

In diesen Tabellen bedeuten:

i die Stromstärke in Ampères, positiv genommen, wenn der Strom von dem erstgenannten zum zweitgenannten Metall fliesst; bei dieser Richtung war der Peltier-Effekt stets positiv,

s_+^{I}, S_+, s_+^{III} die stationären Temperaturen in I, II, III bei beiderlei Stromrichtung, die Kühlwassertemperatur als 0° genommen,

$\Delta S = S_+ - S_-$,

U die zu S_+ und S_- gehörende mittlere absolute Temperatur,

u_k die Kühlwassertemperatur in Celsiusgraden.

Die Angaben s_+^{I} und s_+^{III} fallen z. T. etwas anders aus, als man vielleicht erwartet hätte; vergl. z. B. die Werte s_-^{III} bei Eisen-Konstantan für die drei ersten Stromstärken, wo man eher einen positiven Wert vermuten würde. Das kommt aber daher, dass in I und III noch kleine Peltier-Effekte auftreten, die von der Berührung der stromzuführenden Kupferplatten mit der Kombination herrühren.

Wie bei der k-Bestimmung, so ist auch bei der Messung von Π eine Messung von h erforderlich. Sie geschah in ganz gleicher Weise wie dort: Man beobachtete die Abkühlung an Stäben von den Dimensionen und dem Material der Stabkombinationen. Mehrere der bei den k-Bestimmungen vorgenommenen diesbezüglichen Messungen konnten auch hier benutzt werden wegen der nahen Übereinstimmung der Dimensionen einzelner zur k-Messung benutzten Stäbe und einzelner Stabkombinationen (vergl. Tab. 1, S. 128).

Berechnungen.

Es sollen zunächst die Korrektionen für l_1 und l_2 der beiden Teile der Stabkombination bestimmt werden, die bedingt werden

durch den Umstand, dass die Enden der Stabkombination nicht genau die Kühlwassertemperatur besitzen (vergl. S. 119 f.).

Dazu berechnet man zuerst mit Hülfe der Tabellen 8, resp. 9, 10 nach Formel (47) die Werte $\left(-\frac{ds_1}{dx_1}\right)_{x_1=l_1}$ und $\left(-\frac{ds_2}{dx_2}\right)_{x_2=l_2}$ für jede vorkommende Temperatur-Verteilung (jede Stromstärke) und dann nach Formel (48) die zugehörigen Werte von dl_1 und dl_2. Dabei findet man, dass für die verschiedenen Stromstärken die dl_1 resp. dl_2 bei ein und derselben Kombination nur wenig von einander verschieden sind. Man kann daher die Mittel bilden dl_1, dl_2 und erspart sich so die Mühe, den komplizierten Bruch in Gleichung (12) S. 111 für jede Stromstärke extra berechnen zu müssen. So erhält man folgende Tabelle:

Tabelle 11.

Kombination	q	l_1	l_2	dl_1	dl_2	l_1' $= l_1 - 0{,}05 + dl_1$	l_2' $= l_2 - 0{,}05 + dl_2$
Eisen-Konstantan	1,012.	9,84	6,20	+ 0,27	+ 0,06	10,06	6,21
Kupfer-Nickel	$0{,}941_5$	15,00	8,00	+ 0,75	+ 0,20	15,70	8,15
Kupfer-Konstantan	0,9408	16,10	7,00	+ 0,73	+ 0,07	16,78	7,02

Alle Längen sind hier in cm, die Querschnitte (q) in cm^2 ausgedrückt. Der Index 1 bezieht sich immer auf das erstgenannte Metall, der Index 2 auf das zweitgenannte.

Da die Tiefe der Bohrlöcher für die Thermoelemente in den Querschnitten I und III über 1 mm betrug (s. Fig. 8, S. 144), so geben die Werte $s^{\rm I}$ und $s^{\rm III}$ in Tabelle 8, 9, 10 die Temperaturen für die Querschnitte mit den Abszissen $x_1 = l_1 - 0{,}05$, $x_2 = l_2 - 0{,}05$ an. Es ist also l_1' und l_2' zu berechnen nach $l_1' = l_1 - 0{,}05 + dl_1$; $l_2' = l_2 - 0{,}05 + dl_2$, wie es in Tabelle 11 geschehen ist.

Es soll jetzt mit Hülfe der Tabellen 8 und 9 die

Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke

untersucht werden $\left(\frac{\Delta S}{i} = \text{konstant; vergl. S. 108}\right)$.

Die Werte $\frac{\Delta S}{i}$ stimmen in den Tabellen schon recht schön überein, was auf Proportionalität des Peltier-Effekts mit der Stromstärke schliessen lässt. Doch sollen an diesen Werten noch die auf S. 116 ff. angegebenen Korrektionen angebracht werden.

Die Korrektionen der Tabelle 11 brauchen hierbei nicht berücksichtigt zu werden, da, wie oben erwähnt wurde, die dl_1 resp. dl_2 für verschiedene Stromstärken sehr nahe einander gleich sind.

Man erhält nun die folgenden Tabellen:

1. Eisen-Konstantan. **Tabelle 12.**

1	2	3	4	5	6	7	8
9,92	2,393	2,377	2,377	2,382	0,2401	0,2370	0,2377
20,03	4,776	4,776	4,774	4,774	0,2384	0,2380	0,2368
29,85	7,067	7,114	7,109	7,088	0,2375	0,2377	0,2376
39,81	9,414	9,530	9,520	9,450	0,2374	0,2390	0,2371

Erklärung der Tabelle:

Kolonne 1 enthält die Stromstärke in Ampères.

Kolonne 2 enthält die beobachteten Werte von ΔS $(= S_+ - S_-)$.

In Kolonne 3 sind diese ΔS korrigiert auf konstanten Wert von h auf die S. 117,4 beschriebene Weise. Bei dieser Stabkombination bewirkten 10% Änderung von h eine Änderung von 1% in ΔS.

In Kolonne 4 sind die Korrektionen wegen Thomson-Effekt angebracht nach der S. 117,5 beschriebenen Methode. Den Berechnungen wurden zu Grunde gelegt die Messungen von Lecher[1]) über den Thomson-Effekt; er erhielt:

$$\text{Eisen:}\quad T = -[1{,}860 + 0{,}0206\,u - 0{,}00005\,u^2] \times 10^{-6}$$

$$\text{Konstantan:}\quad T = -[4{,}73 + 6{.}10 \times 10^{-3}\,u - 2{,}4 \times 10^{-5}\,u^2] \times 10^{-6},$$

wobei T diejenige Wärmemenge in gr Kal. ist, die ein Strom von 1 Ampère entwickelt, wenn er von einem Querschnitt zu einem andern, dessen Temperatur um 1° tiefer ist, fliesst.

In Kolonne 5 sind die Korrektionen auf konstantes Π angebracht auf die S. 116,2 f. beschriebene Weise, indem als Normal-Peltier-Effekt derjenige angenommen wurde, der der Mitteltemperatur von S_+ und S_- für $i = \pm 20{,}03$ entspricht.

Kolonne 6 enthält dann die mit allen genannten Korrektionen versehenen Werte von $\frac{\Delta S}{i}$.

Kolonne 7 und 8 enthalten die auf gleiche Weise korrigierten Werte von $\frac{\Delta S}{i}$, wie sie sich aus einer zweiten und dritten, hier nicht angeführten, Beobachtungsserie ergeben haben.[2])

Eine Korrektion wegen Veränderlichkeit des spezifischen Widerstandes ω_1 resp. ω_2 mit der Temperatur kommt bei dieser Kombination

[1]) Wien. Ber. **114**, 1599, 1905.

[2]) Die Kolonnen 6, 7, 8 in Tab. 12 und 13 dürfen nicht mit einander verglichen werden, da die Korrektionen wegen Stromabzweigung (s. S. 132), die in jeder Beobachtungsserie wieder andere waren, nicht angebracht sind.

nicht in Betracht, denn der Temperaturkoëffizient von Konstantan ist verschwindend klein und derjenige von Eisen kann vernachlässigt werden, da ω_2 zirka 4 mal so gross ist als ω_1.

Die drei letzten Kolonnen der Tabelle 12 beweisen scharf, dass der Peltier-Effekt für das Stromintervall 10 bis 40 Ampères (Stromdichte 0,1 bis 0,4 Amperes pro 1 mm²) für die Kombination Eisen-Konstantan genau proportional der Stromstärke resp. Stromdichte ist.

2. Kupfer-Nickel.

Tabelle 13.

1	2	3	4	5	6	7	8
31,90	1,299₅	1,298	1,297	1,301	0,04078	0,03991	0,03942
64,88	2,614	2,614	2,606	2,606	0,04017	0,03965	0,03900
98,52	3,995	4,011	3,989	3,969	0,04029	0,03980	0,03922
130,54	5,298	5,346	5,284	5,221	0,04000	0,03995	0,03931

Die Bedeutung der einzelnen Kolonnen ist die gleiche wie in Tabelle 12, nur dass in Kolonne 4 die Korrektionen wegen Veränderlichkeit der spezifischen Widerstände auf die S. 116,1 angegebene Weise angebracht sind, während die Korrektionen wegen Thomson-Effekt ausser Acht gelassen wurden. Die oben genannte Arbeit von Lecher enthält nämlich für Nickel keine Messungen des Thomson-Effekts, und sehr wahrscheinlich ist der Einfluss desselben wie bei Eisen-Konstantan recht klein.

Die drei letzten Kolonnen der Tabelle 13 beweisen scharf, dass bei Kupfer-Nickel der Peltier-Effekt genau proportional der Stromstärke resp. Stromdichte ist für das Stromstärke-Intervall von 30 bis 130 Ampères, also für das Stromdichte-Intervall von 0,3 bis 1,4 Ampères pro 1 mm².

Man wird wohl berechtigt sein, aus diesen Versuchen zu schliessen, dass die Proportionalität zwischen Peltier-Effekt und Stromstärke resp. Stromdichte für jedes beliebige Intervall und bei jeder Stabkombination bestehen wird.[1]

Die Tabellen 12 und 13 zeigen, dass der Einfluss der Gesamtheit aller Korrektionen sehr klein ist, was daher rührt, dass die Einzelkorrektionen z. T. positiv z. T. negativ sind. Immerhin war es notwendig, sich über die Grösse der Korrektionen Rechenschaft zu geben.

[1] Die Kombination Kupfer-Konstantan lieferte dasselbe Resultat.

Berechnung des absoluten Wertes von Π.

Man kann für die Berechnung von Π ohne weiteres die unkorrigierten Werte von $\frac{\Delta S}{i}$ aus Tabelle 8, 9, 10 benützen, indem man das Mittel der zu den verschiedenen Stromstärken gehörenden Werte nimmt, denn die Genauigkeit unserer Methode der Π-Bestimmung ist wohl kaum so gross (s. die Diskussion S. 153 ff.), als dass die Anbringung so kleiner Korrektionen, wie sie Tabelle 12 und 13 zeigen, sich rechtfertigen liesse. Dagegen mussten die Werte von ΔS korrigiert werden wegen der durch die Thermoelemente erfolgenden Stromabzweigungen, und diese wurden ja durch einen Extraversuch bestimmt (s. S. 144).

Die Berechnungen nach der Grundgleichung (12) S. 111 unter Benützung der gefundenen Werte von k (S. 142), von h und von l'_1 und l'_2 (Tabelle 11), ergeben nun, wenn man ausser den Resultaten der Tabellen 8, 9, 10 noch weitere hier nicht angeführte Beobachtungsserien benützt, die folgenden Werte von Π mit ihren zugehörigen absoluten Temperaturen U:

Tabelle 14.

Kombination	Π	U
Eisen-Konstantan	0,003263	287,0
	0,003137	278,5
	0,003157	278,7
Kupfer-Nickel	0,001405	287,4
	0,001342	279,7
	0,001334	279,8
Kupfer-Konstantan	0,002435	288,5
	0,002431	287,4

Einheiten für Π: gr. Kal. / Ampère / Sekunde

Vereinigt man die Werte für jede Kombination zu einem Mittel, nachdem man sie zuerst auf gleich grosses U reduziert hat (in der Annahme, dass Π proportional U ist), so erhält man:

Tabelle 15.

Kombination	Π	U
Eisen-Konstantan	0,03249 [1]	287,0
Kupfer-Nickel	0,01385	287,4
Kupfer-Konstantan	0,02437	288,5

Einheiten für Π: gr. Kal. / absolute Stromeinheit / Sekunde

[1]) Lecher, Wien. Ber. 115, 1906 hat mit seinem Kalorimeter für Eisen-Konstantan den Wert gefunden: $\Pi = 0{,}0337$ bei $U = 293^\circ$. Dem würde entsprechen: $\Pi = 0{,}0330$ bei $U = 287^\circ{,}0$.

3. Die Bestimmung von $\frac{dE}{dt}$.

Diese Messung geschah nach der auf S. 125 ff. beschriebenen Methode.

Zur Erwärmung der Lötfläche der Stabkombination auf die Temperaturen u_1, u_2, u_3 .... wollte ich zuerst einen kleinen elektrischen Ofen benutzen, der 6 cm lang und 4 cm im Durchmesser war, aus zwei Halbzylindern bestand und auf den Stab in der Umgebung der Lötfläche aufgesetzt werden konnte. Doch die Messungen zeigten, dass auf diese Weise keine gleichmässige Erwärmung der ganzen Lötfläche erzielt werden konnte. Derselbe Übelstand zeigte sich auch bei anderen Erwärmungsmethoden, die versucht wurden.

Daher wandte ich schliesslich das Wasserbad an. Ein parallelepipedisches Gefäss aus Eisenblech von 22 cm Länge, 11 cm Breite und 22 cm Höhe, das zirka 5 Liter Wasser fassen konnte und auswendig durch Watte gegen Wärmeabgabe geschützt war, wurde an seinen Längsseiten mit zwei senkrechten Einschnitten versehen von 12 mm Weite und 10 cm Tiefe. In diese wurde die mit Kupferplatten an den Enden und mit einem Thermoelement in der Lötfläche versehene Stabkombination eingesetzt, und die Einschnitte wurden wasserdicht verschlossen. Dadurch wurde erreicht, dass die Lötfläche der Kombination mitten in ein Wasserbad zu stehen kam, wenn man das Gefäss bis zum Rande mit Wasser füllte. Gegen die Enden der Stabkombination, wo die dieselbe zu einem Thermokreis ergänzenden Drähte angelötet waren, liess man das Kühlwasser spritzen.

Die zweite Lötstelle des Thermoelements und die Lötstelle D des Thermokreises (s. Fig. 4, S. 126) kamen in das kleine mit stets erneutem Kühlwasser angefüllte Gefäss (Z in Fig. 5 und 6, S. 128) zu stehen.

Der Gang der Messungen war nun folgender:

Zuerst wurde der Widerstand von „Th. I“ und „Th. II“[1] ($w_1 + w_g$ und $w_2 + w_g$) mit der Wheatstone'schen Brücke bestimmt. Nachdem dann das Wasserbad auf eine bestimmte Temperatur u gebracht worden war, wurden unter beständigem Umrühren des Bades abwechselnd die Ausschläge x_1 und x_2 für „Th. I“ und „Th. II“ bei passend grossen dem Galvanometer vorgeschalteten Widerständen r_1 und r_2 abgelesen und die Ablesungen zu je einem Mittel vereinigt. Diese Messungen wurden für drei Temperaturen, nämlich u = ca. 5°, 10°, 15° (Kühlwassertemperatur = 0) durchgeführt. Darauf erfolgte Aichung von „Th. II“ und Bestimmung der Empfindlichkeit ε des Galvanometers.

[1] Es soll der mit der Stabkombination gebildete Thermokreis mit „Th. I“, der mit dem Thermoelement gebildete Kreis mit „Th. II“ bezeichnet werden.

Aus den Ablesungen x_1 erhält man dann die *E. M. K.* von „Th. I“ nach:

$$(E)^{\text{Volt}} = (x_1 \varepsilon)^{\text{Amperes}} \times (w_1 + w_g + v_1)^{\text{Ohm}}.$$

Um aus den Werten x_2 und der Aichung die Temperatur der Lötfläche der Stabkombination zu bekommen, hat man die Ausschläge x_2 auf den bei der Aichung benutzten Widerstand v_2 zu reduzieren.

Die Resultate der Messungen sind in den Tabellen 16, 17, 18 zusammengestellt.

1. Eisen-Konstantan.

Tabelle 16.

x_1	$w_1 + w_g + v_1$	E	x_2	$w_2 + w_g + v_2$	x_2 red. auf $v_2 = 40\Omega$	u	$\frac{E}{u}$
mm	Ω	Volt	mm	Ω	mm	°	
165,4	36,05	0,0002272	178,5	36,24	115,1₂	4,788	0,00004745
207,5	55,99	0,0004428	224,6	56,18	224,6	9,341	0,00004740
212,4	85,90	0,0006954	229,9	86,09	352,3	14,65	0,00004746

$w_1 + w_g = 16,11\,\Omega$; $\varepsilon = 3,812 \times 10^{-8}$; $w_2 + w_g = 16,30\,\Omega$; 1 mm = 0,04159° bei $v_2 = 40\,\Omega$.

$$\text{Mittel: } \frac{dE}{du} = \frac{dE}{dU} = 0,00004744 \; \frac{\text{Volt}}{1^{\circ}\text{C}}$$

2. Kupfer-Nickel.

Tabelle 17.

x_1	$w_1 + w_g + v_1$	E	x_2	$w_2 + w_g + v_2$	x_2 red. auf $v_2 = 40\Omega$	u	$\frac{E}{u}$
mm	Ω	Volt	mm	Ω	mm	°	
136,7	20,53	0,0001070	199,0	34,89	126,6₅	5,153	0,00002076
233,7	20,53	0,0001829	216,9	54,83	216,9	8,826	0,00002072
237,4	30,50	0,0002760	211,2	84,74	326,4	13,29	0,00002078

$w_1 + w_g = 10,56\,\Omega$; $\varepsilon = 3,812 \times 10^{-8}$; $w_2 + w_g = 14,95\,\Omega$; 1 mm = 0,04069° bei $v_2 = 40\,\Omega$.

$$\text{Mittel: } \frac{dE}{du} = \frac{dE}{dU} = 0,00002075 \; \frac{\text{Volt}}{1^{\circ}\text{C}}$$

3. Kupfer-Konstantan.

Tabelle 18.

x_1	$w_1 + w_g + v_1$	E	x_2	$w_2 + w_g + v_2$	x_2 red. auf $v_2 = 20\Omega$	u	$\frac{E}{u}$
mm	Ω	Volt	mm	Ω	mm	°	
178,5	30,82	0,0002065	223,9	35,27	223,9	5,800	0,00003561
189,7	50,76	0,0003616	249,7	55,21	390,8	10,122	0,00003572
190,9	70,70	0,0005067	255,9	75,15	545,3	14,123	0,00003588

$w_1 + w_g = 10,88\,\Omega$; $\varepsilon = 3,754 \times 10^{-8}$; $w_2 + w_g = 15,33\,\Omega$; 1 mm = 0,02590° bei $v_2 = 20\,\Omega$.

$$\text{Mittel: } \frac{dE}{du} = \frac{dE}{dU} = 0,00003574 \; \frac{\text{Volt}}{1^{\circ}\text{C}}$$

Die Quotienten $\frac{E}{u}$ sind bei jeder der 3 Kombinationen so gut wie konstant für die drei verschiedenen Werte von u, so dass also für das benutzte Intervall von 15° die Zunahme der E. M. K. proportional der Temperaturzunahme gesetzt werden kann. Der Mittelwert der $\frac{E}{u}$ ist dann also das gesuchte $\frac{dE}{dU}$.

IV. Zusammenstellung der Resultate.

Stellen wir die Werte von Π und $\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$ zusammen, so erhalten wir die folgende Tabelle:

Tabelle 19.

Kombination	Π	U	$\frac{dE}{dU}$	$\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$
Eisen-Konstantan	**0,03249**	287,0	4744	**0,03254**
Kupfer-Nickel	**0,01385**	287,4	2075	**0,01425**
Kupfer-Konstantan	**0,02437**	288,5	3574	**0,02464**

Einheiten für Π: $\frac{\text{gr. Kal.}}{\text{absolute Stromeinheit} \cdot \text{Sekunde}}$ — E ist in absoluten Einheiten ausgedrückt (1 Volt = 10^8 abs.)

Das Gesetz von der Proportionalität zwischen Peltier-Effekt und Stromstärke ist schon S. 149 angegeben worden.

C. Diskussion der Resultate und der Genauigkeit der angewandten Methode.

Die Resultate obenstehender Tabelle 19 stehen in vollem Einklang mit dem Gesetz von Thomson-Clausius-Budde. Doch ist hiermit eine strenge, allgemeine Gültigkeit desselben noch nicht bewiesen, bevor nicht noch eine Reihe anderer Metallkombinationen dasselbe bestätigt; ausserdem müsste wohl auch der Temperaturbereich variiert werden. Ich hoffe, meine Untersuchungen später noch fortsetzen zu können.

Was nun die Eignung der Methode für die vorgenommenen Untersuchungen anbelangt, so ist kein Zweifel, dass mit ihr die Proportionalität des Peltier-Effekts mit der Stromstärke auf's strengste geprüft werden kann, da hierzu nur die Messung der stationären Temperaturen S_+ und S_- in der Lötfläche der Stabkombination und

die Messung des Stromes i erforderlich ist und diese Grössen genau ermittelt werden können. Die nach S. 116 bis 120 anzubringenden Korrektionen sind klein und können ausserdem ebenfalls ziemlich genau bestimmt werden.

Bei der absoluten Peltier-Effekt-Messung kommen dagegen bei Anwendung der beschriebenen Methode mehrere Fehlerquellen in Betracht.

Wohl die wichtigste von diesen bildet der Umstand, dass bei den Stabkombinationen die Lötfläche, deren Grösse für die Temperatur in der Lötfläche besonders massgebend ist, durch das Bohrloch (zur Aufnahme der Lötstelle des Thermoelements) verkleinert und dadurch auch der Stromverlauf gestört wird. Da der Querschnitt der drei Stabkombinationen zirka 100 mm² betrug und das Bohrloch 1,5 mm tief und 0,5 mm weit war, so betrug die Verkleinerung des Querschnitts zirka 7 °/oo. Wie das bei eingestemmter Lötstelle des Thermoelements auf die Temperatur wirkt, lässt sich wohl nicht leicht quantitativ ermitteln, jedenfalls aber werden dadurch die absoluten Beträge von S_+ und S_- eher etwas zu gross werden, also auch Π. Einen Fehler im gleichen Sinne würde ein nicht ganz genaues Zusammenpassen der zusammengelöteten Stabflächen bewirken. Bei der Untersuchung der Frage nach der Abhängigkeit des Peltier-Effekts von der Stromstärke kommen diese Fehlerquellen nicht in Betracht, da es sich hier nur um relative Messungen handelt.

Weitere Fehlerquellen würden Ungenauigkeiten in der k-Bestimmung verursachen. Betrachten wir der Einfachheit halber die Gleichung (13) S. 111 für Π, in der von der äussern Wärmeleitung abgesehen wird:

$$\Pi = \frac{\Delta S q}{2 i} \left[\frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} \right].$$

Sie zeigt, dass — wenn man die Längen l_1 und l_2 ausser Acht lässt — ein Fehler im Werte der grösseren der beiden Leitfähigkeiten k_1, k_2 einen grösseren Fehler in Π bewirkt, als ein prozentualisch gleich grosser Fehler im Werte der kleineren der beiden Leitfähigkeiten. So resultiert z. B. bei der Kombination Kupfer-Konstantan, wo $k_1 = 0{,}85$, $k_2 = 0{,}053$, $l_1 = 16{,}1$, $l_2 = 7{,}0$ ist, aus einem Fehler von 1% in k_1 ein solcher von 0,9% in Π, während ein Fehler von 1% in k_2 einen solchen von bloss 0,1% in Π bewirkt. Es musste also vor allen Dingen die Leitfähigkeit von Kupfer und — für die Kombination Eisen-Konstantan — diejenige von Eisen genau gemessen werden.

Als Fehlerquelle bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit kommt vor allen Dingen in Betracht die nie sehr genau zu ermittelnde Grösse der äussern Wärmeleitung und der Umstand, dass

diese, wie unsere Versuche zeigen, ganz wesentlich von der Temperatur abhängt, auch bei ganz kleinen Temperaturdifferenzen. Der Einfluss eines solchen Fehlers ist um so grösser, je kleiner die Leitfähigkeit k des Metalls ist (bei dem Nickelstab z. B. verursachten 10% Fehler in h 0,75% Fehler in k). Andererseits aber braucht auch k, je kleiner sein Wert gegenüber demjenigen des andern Stabteiles ist, um so weniger genau bekannt zu sein zur Berechnung von Π, wie oben gezeigt wurde.

Die Veränderlichkeit von h mit der Temperatur wirkt auch bei der Bestimmung von Π nach Formel (12) S. 111 als nicht unbedeutende Fehlerquelle. Bei Eisen-Konstantan bewirken z. B. 10% Fehler in h 1% Änderung im Werte von Π, bei Kupfer-Nickel dagegen erst 20% Fehler in h.

Trotz der genannten Fehlerquellen halte ich die angewandte Methode für mindestens ebenso genau wie die anderen bis jetzt angewandten Methoden, weil alle eine Rolle spielenden Vorgänge hier möglichst genau in Rechnung gezogen worden sind. Allerdings wird die Methode zuverlässige Resultate nur liefern bei Stabkombinationen, deren Peltier-Effekt nicht unter einer gewissen Grösse liegt; aber das gleiche ist wohl bei allen andern Methoden auch der Fall.

Untersuchungen über die Verbreitung prähistorischer Hölzer in der Schweiz.

Ein Beitrag zur Geschichte unseres Waldes.

Von

E. Neuweiler.

Einleitung.

Die Pfahlbauten und andern prähistorischen Fundstellen haben uns eine Menge pflanzlicher Reste hinterlassen, welche uns ein Bild der damaligen Flora entrollen und uns namentlich Einblicke in die Kulturpflanzen dieser Zeit gewähren. An eine Vollständigkeit des pflanzlichen Gemäldes ist aber nicht zu denken; ist uns doch nur ein Teil der damaligen Pflanzen erhalten geblieben, denn viele Pflanzen sind einer allzu leichten Zerstörbarkeit unterworfen. Dazu kommt, dass der Archäologe bei seinen bisherigen Ausgrabungen sein Augenmerk hauptsächlich den Waffen und Artefakten zuwandte und den pflanzlichen Resten geringere Beachtung schenkte, und wenn auch solche noch berücksichtigt wurden, so wurden nicht alle mit derselben Sorgfalt und Genauigkeit untersucht. Vor allem sind die Holzarten teilweise vernachlässigt worden, indem eine anatomische Bestimmung des Holzes unterblieb und man mehr auf Geratewohl nach dem allgemeinen Eindrucke als auf Grund genauer mikroskopischer Prüfung die Reste als bestimmte Holzarten hinstellte, ohne auch nur darauf hinzuweisen, dass eine Wahrscheinlichkeitsbestimmung vorliege. Indem solche allgemein gehaltenen Angaben über das Vorkommen von prähistorischen Pflanzen in die Literatur übergingen, verursachten sie Fehler. Ein Beispiel mag das illustrieren:

In der archäologischen Literatur finden sich zahlreiche Angaben, wonach Pfähle der Pfahlbauten aus Fichtenholz bestehen. Da die Proben nicht mikroskopisch untersucht wurden, ist eine Unterscheidung von andern Nadelhölzern nicht gesichert. Wir stossen auf viele Angaben von Tanne und Kiefer; ja bei vielen Autoren wechselt die Bezeichnung für denselben Ort. Von Robenhausen sagt Oswald

Heer[1]: Die Fichte war „wie noch jetzt der häufigste Nadelholzbaum unseres Landes; denn die meisten Pfähle und Holzwerke von Robenhausen bestehen aus Fichtenholz.“ H. Messikommer[2] gibt an, dass Rot- und Weisstannenholz die Pfähle der ersten und zweiten Niederlassung bilden, für die dritte gespaltenes Eichenholz verwendet wurde. Nach J. Messikommer[3] ruht der erste und zweite Pfahlbau auf Fichte, der dritte auf Eiche. Nach F. Keller[4] bestehen Pfähle im ersten und zweiten Pfahlwerk aus Stämmen von weichen Holzarten, diejenigen vom dritten aus Eiche. A. Engler[5] fand dann unter 60 aus den Pfahlbauten am Greifensee und von Robenhausen stammenden Pfahlstücken „bei mikroskopischer Prüfung kein einziges Stück Fichtenholz, wohl aber fünf Weisstannen- und zwei Eibenpfähle. Die übrigen Pfähle verteilen sich auf Eiche, Buche, Hagenbuche, Esche, Ahorn und Erle“. Nadelholz ist wohl reichlich vertreten; aber es werden in der Literatur Holzreste unkritisch erwähnt, so vom kleinen Hafner bei Zürich: Tanne, Kiefer, Föhre, Fichte; von Burgäschi: Fichte, Tanne; von Moosseedorf: Fichte, Rottanne, Tanne, Kiefer, Föhre usw. Eine Nachprüfung der in Torfmooren gefundenen Holzreste wäre gleichfalls erwünscht.

Von den Hölzern sind natürlich nicht bloss Holzreste, sondern in fast reichlicherer Fülle auch Zapfen, Früchte, Samen, Blätter, Nadeln, Rindenstücke gefunden worden, die im Haushalte des Prähistorikers einer vielfachen Verwendung dienten. Solche Reste sind aus einer ganzen Reihe vorgeschichtlicher Siedelungen bekannt geworden und vom Verfasser in einer andern Arbeit[6] zusammengestellt worden. Darnach sind diesseits der Alpen folgende prähistorische Holzarten, die auch heute noch zu unsern wichtigsten Waldbäumen gehören, nachgewiesen: *Pinus silvestris*, *Pinus montana*, *Pinus* sp. (wohl *silvestris*), *Abies alba*, *Picea excelsa*, *Juniperus communis*, *Taxus baccata*, *Salix caprea*, *Salix repens*, *Salix* sp., *Populus tremula*,

[1] Heer, Oswald: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 68. Neujahrsblatt Zürch. naturf. Ges. auf das Jahr 1866, pag. 39.

[2]) Messikommer, H.: Sämereien und Früchte auf der Pfahlbaute Robenhausen. Ber. ethnogr. Ges. Berlin. Bd. 15, pag. 233.

[3]) Messikommer, J.: Nachgrabungen auf dem Packwerkbau Niederwil im Jahre 1886. Antiqua 1887, pag. 2.

[4]) Keller, F.: Die keltischen Pfahlbauten in den Schweizerseen. 6. Ber. Mitt. antiquar. Ges. Zürich. Bd. 15, pag. 247.

[5]) Engler, Arnold: Wirtschaftsprinzipien für die natürliche Verjüngung der Waldungen mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Standortsverhältnisse der Schweiz. Schweiz. Zeitschr. Forstwesen. Jahrg. 51 (1900), pag. 264.

[6]) Neuweiler, E.: Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Funde. Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 50 (1905) und sep. in Botanische Exkursionen und pflanzengeographische Studien in der Schweiz, herausgegeben von C. Schröter. 6. Heft.

Corylus avella f. oblonga und *f. silvestris*, *Carpinus betulus*, *Betula verrucosa*, *Betula* sp., *Alnus incana?*, *Alnus glutinosa*, *Alnus* sp., *Fagus silvatica*, *Quercus* sp., *Juglans regia*, *Ulmus campestris?*, *Viscum album*, *Clematis vitalba*, *Sorbus aria*, *Sorbus aucuparia*, *Pirus malus*, *Pirus communis*, *Rosa canina*, *Rubus fruticosus*, *Rubus Idaeus*, *Prunus avium*, *Prunus insititia*, *Prunus spinosa*, *Prunus domestica*, *Prunus padus*, *Prunus mahaleb*, *Prunus persica*, *Ilex aquifolium*, *Evonymus europaeus?*, *Acer* sp., *Rhamnus frangula*, *Vitis vinifera*, *Tilia grandifolia*, *Tilia parvifolia*, *Cornus sanguinea*, *Vaccinium Vitis Idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare?*, *Sambucus nigra*, *Sambucus ebulus*, *Viburnum lantana*, ferner neu *Viburnum opulus*.

Für die Verbreitung und Häufigkeit der spontanen Hölzer, wie sie zur prähistorischen Zeit unsern Wald zusammensetzten, vermögen aber diese Funde nicht genügende und sichere Auskunft zu geben. Ihre mehr oder weniger geeignete Verwendbarkeit als Nahrung, Heilmittel, zu Werkzeugen, Geschirren und andern Industrieerzeugnissen, zu Bauten, zu Brennmaterial ist für ihr Verbringen in die Pfahlbauten und somit für ihre Verhaltung massgebend gewesen. Für die Lösung der Frage, welche Waldbäume in der prähistorischen Zeit vorherrschend waren, ist denn namentlich den aus Holzresten gewonnenen Resultaten grosse Wichtigkeit beizumessen; als allein entscheidend sind auch sie nicht zu betrachten, erinnern wir uns nur, dass von vielen Sträuchern, die als Unterholz verbreitet sind, die Früchte, nicht aber oder doch nur selten Holz gesammelt wurden.

Nur von wenig Lokalitäten sind bis jetzt die Holzreste einer mikroskopisch-anatomischen Prüfung unterzogen worden. Vom neolithischen Pfahlbau Schussenriedt hat A. Tscherming[1]) folgende, der Häufigkeit nach geordnete Hölzer bestimmt: *Alnus incana*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Betula alba*, *Quercus robur*, *Fagus silvatica*, *Salix fragilis*, *Salix caprea*, *Populus tremula*, *Acer pseudoplatanus*, *Corylus avellana*, *Ulmus campestris*. Dabei sind Erle, Esche, Eiche, Buche, Aspe, Weiden durch starke Stämme vertreten, während sich keine Spur von Nadelholz findet.

A. Burgerstein[2]) beschreibt Werkhölzer und meist hölzerne Artefakte aus dem keltischen Salzbergwerk zu Hallstadt, das der jüngern Bronze- und Hallstadtzeit angehört. Er bestimmte aus dem keltischen

[1]) In Frank, F.: Die Pfahlbaustation Schussenriedt. Schr. Ver. Gesch. Bodensees. 1876. pag. 162—179.

[2]) Burgerstein, A.: Mikroskopische Untersuchungen prähistorischer Hölzer. Ann. k. k. naturh. Hofmuseum Wien. 1901. Bd. 16, pag. 170—177.

Holzbau in der Nähe des Maria Theresien Stollens Tanne, Fichte, Lärche, Eibe, Zirbel, Rotbuche; aus dem keltischen Bergbau im Appold-Langwerk Tanne, Lärche, Buche, Esche; aus dem keltischen Bergbau am Kopfende des J. Ritschners Sinkwerkes Tanne, Erle; aus dem Bergbau am Endersinkwerk Rotbuche; an Fragmenten einer prähistorischen Niederlassung auf der Dammwiese am Hallstadter Salzberge Tanne, Fichte, Lärche, Eiche, Buche, Erle und aus einem weitern alten Bergbau am Salzberg Rotbuche und Erle.

Auf der altdeutschen Anlage der Hünenburg bei Rinteln an der Weser (10. und 11. Jahrhundert n. Chr.) fanden Wittmack und Buchwald[1] neben andern Pflanzenresten Holzkohlen von *Fagus silvatica* (34 Stück), *Salix sive Populus* sp. (4 Stück), *Quercus* sp. (2 Stück), Esche (2 Stück) und Linde (1 Stück). Der Verfasser selbst hat Funde aus den paläolithischen Schichten des Kesslerloches und von der römischen Niederlassung Vindonissa publiziert. Im Kesslerloch[2] konnten nach Holz- und Kohlenresten *Picea excelsa, Corylus avellana, Alnus sp.* erkannt werden. Vindonissa[3] hat an Hölzern ergeben: *Taxus baccata, Picea excelsa, Albies alba, Juglans regia, Corylus avellana, Betula* sp., *Fagus silvatica, Quercus* sp., *Prunus avium, Acer campestre, Acer pseudoplatanus, Acer* sp., *Diospyros* sp., *Fraxinus excelsior, Buxus sempervirens* und *Salix* sp.

Neuerdings hat Ph. Guinier[4] die Pflanzenreste aus den zwei Pfahlbauten Station du Port (neolithisch) und Roselet (bronzezeitlich) im Lac d'Annecy untersucht und auch den Hölzern sein Interesse zugewendet. Nach Holz- und Kohlenresten erkannte er in diesen Lokalitäten:

a) Station du Port: *Pinus* sp., *Abies alba, Taxus baccata, Salicacee, Betula alba, Alnus* sp., *Fagus silvatica, Quercus* sp., *Ulmus* sp., *Pomacee, Acer* sp., *Fraxinus excelsior*. Ferner konnten nach andern Resten folgende Holzpflanzen nachgewiesen werden: *Pinus cembra, Corylus avellana, Viscum album, Crataegus oxyacantha, Crataegus monogyna, Malus acerba, Rosa canina.*

[1] Wittmack, L. und J. Buchwald: Pflanzenreste aus der Hünenburg bei Rinteln a. d. Weser und eine verbesserte Methode zur Herstellung von Schnitten durch verkohlte Hölzer. Ber. deutsche bot. Ges. Jahrg. 19, Bd. 20, pag. 20—31.

[2]) Neuweiler, E.: Über die Pflanzen- und Kohlenreste im Kesslerloch bei Thaingen; in Heierli, J.: Das Kesslerloch bei Thaingen. Neue Denkschr. schweiz. naturf. Ges. Bd. 43. (1907) pag. 155—164.

[3]) Neuweiler, E.: Pflanzenreste aus der römischen Niederlassung Vindonissa. Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 53 (1908), pag. 1—15.

[4]) Guinier, Ph.: Contribution à l'histoire de la végétation dans le bassin de lac d'Annecy d'après les restes végétaux trouvés dans les stations lacustres néolithiques. Bull. L'Herbier Boissier. 2me série, T. VIII. (1908), pag. 881—900.

Rubus Idaeus, Rubus fruticosus, Prunus spinosa, Ilex aquifolium, Vitis vinifera var. *silvestris, Cornus sanguinea, Sambucus nigra, Sambucus ebulus, Viburnum opulus, Lonicera xylosteum.*

b) Roselet: *Abies alba, Salicaceæ, Corylus avellana, Alnus* sp., *Fagus silvatica, Quercus* sp., *Pomaceæ, Acer* sp.; nach Früchten und Samen ergaben sich weiter an Hölzern: *Malus acerba, Rubus Idaeus, Rubus fruticosus, Prunus spinosa, Vitis vinifera* var. *silvestris, Cornus sanguinea, Sambucus nigra, Sambucus ebulus.*

Das Fehlen der Fichte an diesen beiden Fundorten wird hervorgehoben, und die Erörterungen führen zu Ergebnissen, zu denen auch wir gelangen.

Die folgenden Untersuchungen über prähistorische Hölzer sind gerade durch das erwähnte, unerwartete Ergebnis Englers, dass unter den 60 Holzproben der Pfahlbauten aus dem Greifensee und von Robenhausen kein einziges Stück Fichtenholz war, veranlasst worden. Bereits mein Freund, Walter Ammon, Forstmeister in Wimmis, hatte einige hundert Holzproben bestimmt, sah sich dann aber infolge vermehrter beruflicher Inanspruchnahme genötigt, die Untersuchungen einzustellen. Darauf hat sie der Verfasser übernommen, die bereits vorliegenden Bestimmungen nachgeprüft, weitergeführt, und bis jetzt auf gegen tausend Holzproben ausgedehnt. Eine grosse Zahl der Bestimmungen, sei es mit der Lupe, sei es mit dem Mikroskop, wurden in der Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen in Zürich ausgeführt, wo das nötige Material bereitwillig zur Verfügung stand. Der Verfasser ist dafür Herrn Professor A. Engler zu Dank verpflichtet.

Das Material stammt zum Teil aus Museen (dem schweizerischen Landesmuseum in Zürich, dem botanischen Museum des eidgenössischen Polytechnikums, den historischen Museen in Bern, Neuenburg, Solothurn, Frauenfeld, dem römischen Museum Vindonissa in Königsfelden, dem Rosgartenmuseum in Konstanz); zum Teil ist es durch Vermittlung des Herrn Dr. J. Heierli zugekommen oder es ist selbst gesammelt worden. Auch dieses Entgegenkommen verdanke ich aufrichtig.

Die Untersuchung der Holzreste ist häufig mit Schwierigkeiten verbunden, zumal viele Eigenschaften infolge des lange andauernden Aufenthaltes in feuchter Erde oder in Wasser schlecht erhalten sind. Die Farbe bietet bei der Bestimmung keine Anhaltspunkte mehr. Verhältnismässig leicht lassen sich mehrere Laubholzarten identifizieren, bei denen die Anordnung der Gefässe oder Poren im Querschnittsbild eine klare ist und sich schon mit Lupenvergrösserung deutlich erkennen lässt. Dies trifft z. B. bei Eiche, Buche, Esche,

Ulme zu. Die Mehrzahl der Hölzer verlangt jedoch eine mikroskopische Prüfung, die auch nicht immer zum Ziele führt. Wenn infolge der Herauswitterung die Anordnung der Holzelemente bei den Laubhölzern allzustark verwischt ist, so lässt sich die Zugehörigkeit nicht sicher feststellen.

Am umständlichsten und zeitraubendsten gestaltete sich die Untersuchung von Holzkohlen, die zur direkten mikroskopischen Bestimmung ungeeignet sind. Wenn nicht noch unverkohlte Teile vorliegen, so ist das Material so spröde, dass es beim Schneiden zerfällt und die anatomische Struktur des Holzes nicht erkennen lässt. Zur Vorbereitung der Holzkohle für Schnitte habe ich mit einigen Abänderungen die von Wittmack und Buchwald[1]) verbesserte Methode von Netolitzky angewendet. Darnach wird die Kohle verascht und aus der Asche werden Schnitte hergestellt. Das Veraschen muss vorsichtig geschehen, weil das Aschenhäufchen leicht zerfällt. Wittmack und Buchwald bringen dieses direkt in heisses Paraffin, während ich es zur bessern Durchdringung in Chloroform lege, dem man allmählich Paraffin zusetzt und das Chloroform bei einer Temperatur von 60—65 austreibt. Nach mehreren Stunden kann man das Paraffin abkühlen und mit dem Rasiermesser brauchbare Schnitte erhalten. Diese Methode führt jedoch nicht immer zum Ziele. Ein Teil der Asche, die aus Holzkohle von der römischen Niederlassung Vindonissa dargestellt wurde, zerfällt jedesmal, mag sie direkt in heisses Paraffin oder in eine indifferente Flüssigkeit wie Alkohol oder Chloroform gebracht werden. Auch aus Kesslerloch-Material gewonnene Aschen-Häufchen trennen sich häufig in dünne parallele Lagen, die jedoch eine Bestimmung der Holzart nicht ausschliessen. Da die Schnitte sich leicht rollen, erwärmt man sie auf dem Objektträger ein wenig, damit sie sich abrollen, das Paraffin schmilzt und beim Wiedererstarren der Schnitt auf dem Glase festklebt. Das Paraffin wird mit Xylol aufgelöst, entfernt und dem feinen Schnitte vorsichtig ein Deckgläschen aufgelegt. Für die sofortige Untersuchung ist ein Einschluss in Kanadabalsam, wie ihn Wittmack und Buchwald empfehlen, nicht nötig. Derselbe führt häufig noch einen Misserfolg herbei, indem losgerissene Fetzen umherschwimmen und die ohnehin feine Struktur unklar machen. Holzkohlen liegen namentlich vor in den paläolithischen Höhlen und in den Grabfunden.

Trotz der ziemlich zahlreichen Proben ist in den folgenden Ausführungen keine erschöpfende Darstellung über unsere prähistorischen Waldbäume zu erwarten. Weitere Untersuchungen werden noch

[1]) Wittmack, L. und J. Buchwald l. c., pag. 21 ff.

manche Lücken auszufüllen und zu berichten haben. Aber immerhin mögen diese Studien einen wertvollen Beitrag zur Geschichte des Waldes und des Landschaftsbildes unseres Vaterlandes darstellen und dem Pflanzengeographen und Archäologen willkommen sein. Wir werden einen Einblick in den prähistorischen Wald erhalten, dessen Zusammensetzung von dem heutigen Walde und auch von dem Bilde, das man sich nach den Heerschen Forschungen vom vorgeschichtlichen Walde gemacht hat, in einer wichtigen Beziehung abweicht. Wenn im Walde des Mittelalters, wie dies andere Forschungen dartun, die Laubhölzer weitaus herrschend waren, so lehnt sich dieser den frühern prähistorischen Zeiten direkt an.

Die Ausführungen werden sich in drei Abschnitte gliedern:

1. soll eine tabellarische Zusammenstellung der Arten vorausgehen;
2. folgt eine Besprechung der einzelnen Arten und
3. werden die gewonnenen Ergebnisse zusammengefasst.

1. Tabellarische Zusammenstellung der Arten.

(Tabelle 1 a, b, c, d und 2 am Schluss dieser Abhandlung).

Die erste Tabelle gibt eine Zusammenstellung der einzelnen von Ammon und vom Verfasser nach Holzresten bestimmten Pflanzen in den verschiedenen Fundorten. Ohne sie selbst in die Liste aufzunehmen, sei hier nochmals auf das Vorkommen der oben erwähnten Hölzer von Schussenriedt, vom Hallstadter Salzbergwerk und vom lac d'Annecy aufmerksam gemacht; denn diese Örtlichkeiten weisen gegenüber den schweizerischen Fundstellen keine oder nur geringe geographische Verschiedenheiten auf und die aufgefundenen Arten bestätigen voll und ganz die das schweizerische Mittelland und weitere Gebiete betreffenden Ergebnisse.

Bei den angeführten Arten gibt die erste Zahl die Gesamtzahl der von Ammon und vom Verfasser bestimmten Reste in einer Lokalität an, die zweite Zahl die Menge der Pfähle und Querhölzer, während die dritte Zahl die eigentlichen Artefakte und sonst künstlich bearbeiteten Stücke betrifft. Wo nur eine Zahl eingesetzt ist, weist sie darauf hin, dass nur unbearbeitete Holzproben untersucht werden konnten. Wahrscheinlich befinden sich mehr Pfähle darunter als angegeben werden konnte. In vielen Fällen sind Stammstücke und Stammsplitter genannt, die sich wohl auf solche beziehen. Ein Fragezeichen bedeutet, dass nur eine Wahrscheinlichkeitsbestimmung vorliegt, indem der Erhaltungszustand eine sichere Identifizierung nicht mehr ermöglichte. Der Vollständigkeit halber sind auch die

Fälle angeführt, wo nur der Nadelholz- oder Laubholztypus konstatiert worden konnte; für das Mengenverhältnis zwischen Laub- und Nadelhölzern sind diese Angaben immerhin nicht zu vernachlässigen.

Den einzelnen Fundorten der ersten Tabelle sind Buchstaben beigesetzt, welche über die Art der Lokalität Aufschluss geben. Es bedeuten dabei: b = Badanlage, g = Grab, h = Höhle, l = Landansiedlung und p = Pfahlbau.

Eine zweite Tabelle berücksichtigt nur die in den verschiedenen prähistorischen Zeitabschnitten in der Schweiz nördlich der Alpen gefundenen Hölzer nach der Zahl der Proben und Fundorte. Dabei sind jedoch die beiden badischen Pfahlbauten Rauenegg und Bodmann im Bodensee einbezogen, ebenso die von Früh [1]) für das Schweizersbild erkannten Nadel- und Laubholzkohlenreste. Es wird sich so eher ein Bild über die Verbreitung der Waldbäume gewinnen lassen; es tritt denn hier auch deutlich hervor, dass im allgemeinen mit der Zunahme der Fundorte ein Anwachsen der Probenzahl verbunden ist. In der Tabelle sind Weide und Pappel, sowie die verschiedenen Erlen-, Ulmen-, Ahorn- und Prunus-Arten zusammengezogen worden.

Die Eiche weist durch alle Zeitabschnitte hindurch am meisten Fundorte und auch am meisten Proben auf. Unter den Laubhölzern folgen ihr die Esche und dann die Buche als Hauptholzarten. Ihnen schliessen sich Ahorne, Hasel und Hainbuche an; auch Birken und Erlen sind nicht selten. Unter den Nadelhölzern dominiert weitaus die Weisstanne. Diese Beziehungen wird der folgende Abschnitt eingehender berücksichtigen.

2. Besprechung der einzelnen Arten.

a) Nadelhölzer.

Die Nadelhölzer bieten grosses Interesse; denn gerade durch sie haben sich wichtige Wandlungen des Waldbildes vollzogen. Sie erfahren deshalb eine stärkere Berücksichtigung; um so kürzer kann die Darstellung der Laubhölzer gefasst werden.

Taxus baccata L., die Eibe. Das Eibenholz ist immer gut erhalten. Ausser den einreihigen behöften Tüpfeln kennzeichnet es sich durch zwei sich kreuzende, spiralförmig verdickte Bänder der Tracheïden. Trotz des ausserordentlich wertvollen harten Holzes liefert die Eibe ihres langsamen Wachstums wegen einen so geringen

[1]) Früh, J.: Über Kohlenreste im Schweizersbild in Nüesch, J.: Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus paläolithischer und neolithischer Zeit. Neue Denkschr. schweiz. naturf. Ges. Bd. 35 (1896 und 1902), pag. 197.

Ertrag, dass sie forstwirtschaftlich nicht benutzt wird. Doch findet sie nach Paul Vogler[1]) bei uns vielfach Verwendung. Früher freilich hat sie grössere Bedeutung gehabt als heutzutage; denn ihr Holz ist dicht und fein, sehr dauerhaft, sehr elastisch und zähe, gut zu beizen und zu polieren. Zu Armbrustbögen, Peitschenstöcken, Bergstöcken, Fasshahnen, Bleistifthülsen, Drechsler- und Schnitzarbeiten aller Art (Salatbestecken, Papiermessern, Nadelbüchsen, Strumpfkugeln, Zahnstochern, Oberländerhäuschen) ist es beliebt. Eibene Grenzpfosten, Zaunpfähle, Rebstickel sind sehr haltbar. Ihre Eigenschaften machten sie auch dem Prähistoriker wertvoll. Zahlreiche uns erhalten gebliebene Gerätschaften sind aus ihrem Holze verfertigt, so Keulen, Pfeilbogen, Axthalme, Beilfassungen, Tragbügel, Aufhängehaken, Schüsseln, Löffel, Messerchen, Holznadeln, Schwimmer. Wie die Zusammenstellung zeigt, ist ihr Holz in 20 Proben aus 10 Lokalitäten vom Neolithikum bis zur Römerzeit nachgewiesen. Wenn auch aus dieser ziemlichen Anzahl der Vorkommnisse nicht ohne weiteres geschlossen werden darf, dass die Eibe in den prähistorischen Zeiten häufiger und verbreiteter gewesen sei als heutzutage — es darf hier nicht ausser Acht gelassen werden, dass sie der Prähistoriker infolge ihrer trefflichen Eigenschaften sehr schätzte —, so ist infolge ihrer vielerlei Verwendungen nicht zu verneinen, dass ihr bei unsern Vorfahren eine bedeutende Rolle zukam und sie wohl auch häufig wuchs.

Die Eibe tritt mehr als Unterholz im Laubwalde auf, als dass sie Bestände bildet. Doch kommt letzteres auch vor. Nach Vogler[2]) lauten die heutigen Berichte überall, dass der Baum früher häufiger gewesen, jetzt aber selten und vereinzelt geworden sei. Wie ein Blick auf die der Arbeit von Vogler beigegebenen Karte zeigt, hat sie in der Schweiz, wo sie namentlich dem nördlichen Alpenrand folgt, ihr Verbreitungsgebiet behaupten können, und so besteht auch für heute eine Gefahr für ihr Aussterben nicht.

Picea excelsa Lk., die Fichte oder Rottanne. Dieses Nadelholz weist im Querschnittsbild zahlreiche Harzgänge auf. Charakteristisch sind die Markstrahlen gebaut, deren Zellen zweierlei Art sind. Während die innern Markstrahlzellen einfache Poren besitzen, treten an den Quertracheïden des obern und untern Randes kleine behöfte Tüpfel auf.

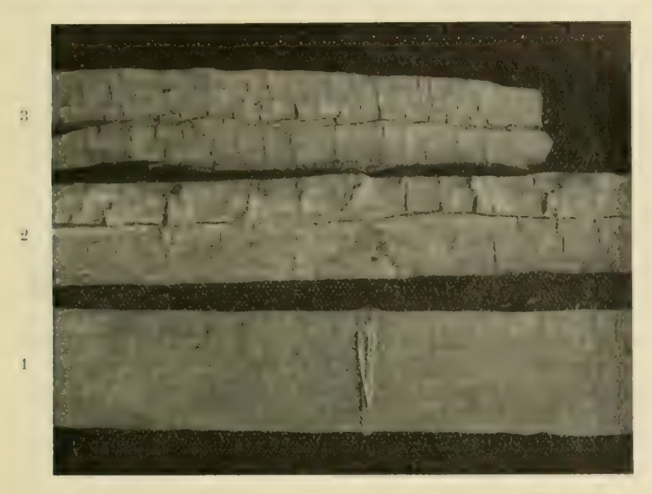
Die Untersuchung der Holzreste von Vindonissa hat ergeben, dass der Unterschied in der Erhaltung des Fichten- und Tannen-

---

[1]) Vogler, Paul: Die Eibe (*Taxus baccata* L.) in der Schweiz. Jahrbuch St. Galler naturw. Ges. 1904 und sep. in Botanische Exkursionen und pflanzengeographische Studien in der Schweiz, herausgegeben von C. Schröter. 5. Heft.

[2]) Vogler, Paul: l. c., pag. 49.

holzes aus dieser römischen Niederlassung auffallend ist. Das Tannenholz sieht recht frisch und unverändert aus. Die Dielen aus Fichtenholz sind aufgesprungen und zeigen zahlreiche Längs- und Querrisse (vgl. photographische Abbildung). Man kann dies ungleiche Verhalten geradezu als charakteristisches Merkmal betrachten, wie aus folgendem erhellt: Zuerst wurden Dielenstücke, die im Museum in der Anstaltskirche Königsfelden aufbewahrt sind, bestimmt. Erst bei ihrer Etikettierung fiel auf, dass nur die Rottannendielen durchfurcht



Phot. Froelich

Erhaltung des Holzes von *Abies alba*, der Tanne (1), und von *Picea excelsa*, der Fichte (2 und 3).

waren, während bei keinem einzigen Stück Weisstannenholz ein ähnliches Verhalten zu beobachten war. Darauf wurde beim weitern Sammeln auf solche Risse geachtet, und je nach ihrem Fehlen oder Auftreten wurden die Stücke provisorisch der Tanne oder Fichte zugewiesen. In allen Fällen bestätigte die anatomische Untersuchung die Richtigkeit der provisorischen Zustellung nach der Erhaltung.

Das Holz von Vindonissa lag in feuchter Erde. Es spricht dies dafür, dass das Tannenholz gegen lang andauernde Feuchtigkeit und Wasser viel widerstandsfähiger als Fichtenholz ist. Heute findet Rottannenholz seiner Eigenschaften und seiner Billigkeit wegen zahlreiche technische Verwendung und liefert fast ausschliesslich das

Bauholz und auch zu Wasserbauten ist es geschätzt. Sein Harzreichtum macht es doch dauerhaft und es kommen hier nicht allzu lange Zeiträume in Betracht; ein Jahrhundert ist da schon recht viel. Unter den Nadelhölzern kommt an Haltbarkeit dem Lärchenholz keines gleich. Aber dieser Baum ist seltener und fehlte auch dem Prähistoriker der Niederungen.

Das Vorkommen von Fichtenholz in der prähistorischen Zeit ist ein sehr spärliches. Die Fichte ist, meist in Kohlenstückchen, aus der prähistorischer Niederlassung im Kesslerloch bei Thaingen [1]) bekannt. Hier macht sie den weitaus grössten Teil der Hölzer aus. Von 12 Proben entfallen 10 auf dieses Nadelholz, worunter ein Holzrest und 9 Kohlenstückchen. Aus der ganzen neolithischen Zeit liegt sie in einem einzigen Pfahlstück von Robenhausen vor. Diesseits der Alpen fehlt sie auch in den bronzezeitlichen Fundstellen, während sie aus den Gräbern von Cerinascia im Tessin und vom hochalpinen St. Moritz im Engadin bestimmt wurde. Aus der ältern Eisenzeit hat sie A. Burgerstein [2]) aus der Gebirgslage im Hallstadter Salzbergwerke nachgewiesen. Die La Tènezeit hat bis jetzt keine Reste ergeben. Erst im römischen Vindonissa [3]) tritt sie häufiger auf, indem unter 129 Holzproben die Fichte 11 mal konstatiert werden konnte, während auf die Weisstanne 43 Proben entfallen. Wenn von den im Gebirge gelegenen Vorkommnissen in St. Moritz und Hallstadt abgesehen wird, so muss das fast gänzliche Fehlen von Fichtenholz in den neolithischen, bronzezeitlichen und eisenzeitlichen Niederlassungen diesseits der Alpen vom Lac d'Annecy bis Schussenriedt, also in einem Zeitraum von einigen Jahrtausenden befremden, bildet doch in den jetzigen Nadelwaldungen die Fichte den Hauptbestandteil.

Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass Fichtenzapfen und die am Ende zugespitzten und gedreht gedrückten, 5—6 mm langen Samen in verschiedenen Lokalitäten [4]) auftreten, während prähistorische Fichtennadeln nicht mit Sicherheit nachgewiesen sind. Fichtenzapfen und Samen liegen in der Schweiz vor von Wangen und Steckborn, Bodmann, Robenhausen, Meilen, Zug, Moosseedorf, St. Blaise.

Der Prähistoriker hat bei uns die Fichte als Bau-, Nutz- und Brennholz nicht oder nur sehr wenig verwendet oder vielmehr nicht verwenden können, während heutzutage gerade dieses Nutzholz zu den

---

[1]) Vgl. auch Neuweiler, E.: Über Pflanzen- und Kohlenreste im Kesslerloch bei Thaingen, pag. 157.

[2]) Burgerstein, A.: l. c., pag. 170 ff.

[3]) Neuweiler, E.: Pflanzenreste aus der römischen Niederlassung Vindonissa, pag. 9.

[4]) Neuweiler, E.: Prähistorische Pflanzenreste, pag. 20.

verbreitetsten und geschätztesten Hölzern gehört. Viel häufiger benutzte er die Weisstanne.

Das seltene Auffinden von Fichtenholz zur prähistorischen Zeit darf nicht wohl seiner geringern Widerstandsfähigkeit, wie sich dies aus den Resten von Vindonissa ergeben hat, zugeschrieben werden. Warum sollte der damalige Mensch die Fichte auch nicht zu Artefakten und als Brennmaterial benutzt haben, da es doch leicht zu bearbeiten und so leicht brennbar ist? Auch nicht auf menschliche Faktoren wird dieses Verhalten der Fichte in der prähistorischen Zeit zurückzuführen sein; vielmehr wollen wir versuchen, es mit bestandesbiologischen Eigenschaften der Fichte selbst, die neben Boden und Klima für die Verbreitung der Holzarten bestimmend sind, zu begründen und mit den kulturellen Verhältnissen in Einklang zu bringen.

Die Fichte ist, wie Engler [1]) dartut, ein Baum des lockern, steinigen, ursprünglichen Bodens und des rauhen Klimas. Laubhölzer und Weisstannen kommen mehr auf feinkörnigem, frischem, feuchtem Lehmboden des Alluviums und Diluviums vor. Die Weisstanne liebt die geneigte Schattenseite. Die Holzart verjüngt sich um so leichter durch Samenabfall — und diese Vermehrung kommt für die prähistorische Zeit in Betracht —, je besser ihr der Standort zusagt. Auf frischem, fruchtbarem Lehmboden findet man unter Laubholz- und Weisstannenbeständen den Boden oft mit Jungwüchsen überdeckt. Fichtenanflug dagegen zeigt sich zwischen den dicht aufwachsenden Laubholz- und Tannenjungwüchsen nicht oder nur selten; denn die Fichte hält unter dem verhältnismässig dunkeln Schirm die Konkurrenz der Laubhölzer und Tannen nicht aus. Sie verlangt vollen Lichtgenuss. Junge Fichten beobachtet man dagegen an Bestandesrändern, an Wegböschungen und in verlassenen Kiesgruben häufig, während junge Tannen, die plötzlich in vollen Lichtgenuss gelangen, rasch zugrunde gehen. Wo Fichtenbestände durchlöchert werden, stellt die Weisstanne sich wieder ein. Die natürliche Verjüngung der Fichte erfolgt leichter im Mittelwald, als im schattigen Hochwald.

Vom Schneebruch leidet die Tanne weniger als die Fichte und erholt sich leicht, wenn sie jung vom Wild beschädigt wird. Bei dem nassen Schneefall vom 21. bis 22. Januar 1910, der durch Knickung und Entwurzelung in den Wäldern des ganzen Emmentals grossen Schaden stiftete, hat man durchwegs die Beobachtung gemacht, dass die Weisstannen sich widerstandsfähiger als die Rottannen erwiesen haben. Dem trockenen Schnee der höhern Lagen sind diese eher gewachsen.

[1]) Engler, A.: l. c., pag, 4 ff.

Die biologischen Eigenschaften führen Engler[1]) zu dem Schlusse, dass „Laub- und Weisstannenwald an der Nordabdachung der Alpen und zum Teil bis tief in die Alpentäler hinein einst vorgeherrscht haben. Die Alpen bis zu 1300 und 1500 m und die Abhänge des Jura bis 1100 m waren ursprünglich von Laub- und Weisstannenwald bedeckt, mit Eiche, Buche, Hagenbuche, Esche, Ahorne, Erlen, Birken, Pappeln, Weisstanne und Eibe als Hauptholzarten". „Die Fichte ist im grössten Teil dieses Gebietes ursprünglich gar nicht heimisch und wo sie vorkam, hat sie bei weitem nicht jenen Anteil an der Bestandesbildung genommen wie heutzutage."

Die Fichte ist ein Baum des Mittelgebirges, der höhern Lagen. Als mehr kontinentaler Baum ist sie für ein ausgesprochen insulares Klima ausserordentlich empfindlich. Im ozeanischen Westen Europas ist sie nach Christ[2]) nicht spontan, während sie gegen Osten bald auftritt und in den kontinentaleren, rauhern Gebirgslagen verbreitet ist. Bei uns ist sie nach Christs Schilderung im milderen Klima unserer nordwestlichen wie im kontinentaleren unserer Zentralalpen verbreitet. Der hochstämmige geschlossene Fichtenwald ist in den Alpen heimisch; im Koniferengürtel dominiert er. Neben der Fichte ist die gemeine, genügsame Föhre ein verbreiteter Baum daselbst. An der obern Baumgrenze erlangt, namentlich gegen Osten, die kontinentale Lärche eine dominierende Rolle. Auch die Arve kann ihr hier den Rang streitig machen.

Eingriffe des Menschen und Kahlschläge haben nach Engler das Herabsteigen der Fichte in das Mittelland, an ihren nicht natürlichen Standort, begünstigt. Hier werden die jungen Fichten meistens in Pflanzgärten gezogen und dann verpflanzt, und so ist ihr zu ihrer heutigen Verbreitung verholfen worden.

Für Verschiebungen der Holzartenbestände unserer Waldungen ist es darnach gar nicht erforderlich, eine Änderung des Klimas anzunehmen. Die noch heute wirkenden Faktoren genügen völlig zu ihrer Erklärung. Hausrath[3]) hebt dies mit folgenden Worten hervor: „Bleibt heute ein abgeholzter Schlag sich selbst überlassen, wird ein Acker, ein Stück Wiesenland aufgegeben, so sehen wir nach kurzer Frist Birken, Aspen, Kiefern und Fichten sich darauf ansiedeln, wenn in der Nähe einige ältere Stämme dieser Arten stehen. Zunächst überwiegen die Birken, sie eilen den Nadelhölzern weit voraus; wenn aber der Boden diesen entspricht, so ändert sich vom

[1]) Engler, A.: l. c., pag. 4 ff.

[2]) Christ, H.: Pflanzenleben der Schweiz.

[3]) Hausrath, A.: Die Verbreitung der wichtigsten einheimischen Bäume in Deutschland. Geogr. Zeitschr. Jahrg. 7 (1901), pag. 630.

10. bis 20. Jahr das Bild: Kiefern und Fichten wachsen in den Kronenraum der Birken hinein, beengen sie immer mehr, überwachsen sie und schliesslich sterben die Birken an Lichtmangel ab. Aber auch Kiefer und Fichte behalten nicht überall auf die Dauer die Herrschaft; wo Boden und Klima ihnen zusagt, finden sich, wenn die erste Baumvegetation infolge hohen Alters sich lichter stellt, Buche und Eiche ein und verdrängen vielfach den Nachwuchs jener."

Wird dieses biologische und klimatische Verhalten auch auf die prähistorische Zeit übertragen, so lässt sich das Fehlen oder ganz spärliche Vorkommen der Fichte in dieser Zeit nicht schwer erklären. Als Gebirgsbaum lebte sie zur Bronze- und Hallstadtzeit im Engadin und im Gebiet des Hallstadter Salzberges. Die paläolithische Besiedelung des Kesslerloches bei Thaingen fällt in die Postglazialzeit; sie kann mit dem Rückzuge des diluvialen Rheingletschers in Beziehung gebracht werden. Penck und Meister[1]) verlegen sie in die Zeit der Achenschwankung. Für diese ist ein Klima anzunehmen, das auch den zweiten Holzfund, die Hasel, gedeihen liess und in dem nach Hescheler[2]) neben den vorherrschenden Tieren von arktisch-alpinem Charakter Reste einer spärlichen Waldfauna zu verzeichnen sind. Aus der etwas jüngern, aber ebenfalls paläolitischen Niederlassung vom Schweizersbild sind von Früh[3]) Holzkohlen, namentlich von Koniferen — vermutlich Fichte — und ein Stück von einem Laubholz konstatiert worden. Hasel und aber auch Buche in je einem Holzrest hat die paläolithische Schicht in der Höhle Hohlenfels bei Schelklingen in Württemberg ergeben. Das Auftreten der Fichte im Kesslerloch zeigt nichts befremdendes mehr; es steht mit den biologischen Verhältnissen in Einklang. Schon frühzeitig hat sie bei uns von dem vom Eise frei gewordenen Boden Besitz ergriffen, eine Annahme, die auch durch Hausrath[4]) vertreten wird.

In der Folgezeit, wie das Klima dem heutigen sich näherte und die Ausbreitung des Waldes begünstigte, musste die Fichte den Laubhölzern und der Weisstanne weichen und wurde in das Gebirge zurückgedrängt. Mit den stark schattenden Laubbäumen mochte sie die Konkurrenz nicht auszuhalten, wenn auch an einigen günstigen Stellen sie sich vereinzelt halten konnte. Bei der Abwechslung in der Bodenbeschaffenheit ist für alle unsere Waldbäume die Möglichkeit des Gedeihens geboten, und nur der Kampf bedingt die Vorherrschaft. An grössere Bestände im Mittelland ist aber angesichts

[1]) Meister, J. in Heierli, J.: Das Kesslerloch bei Thaingen, pag. 58.
[2]) Hescheler, K. in Heierli, J.: l. c., pag. 72.
[3]) Früh, J. in Nüesch: l. c., pag. 197.
[4]) Hausrath, A.: l. c., pag. 629.

des einzigen spärlichen Fundes von Robenhausen nicht zu denken. Mit der damals ebenfalls selteneren Kiefer und der das Mittelland ganz meidenden Lärche war sie wie noch heute in den Alpen der herrschende Waldbaum, wohin ihr Tannen und Laubhölzer nicht so leicht zu folgen vermochten.

Das Vorkommen der Fichtenzapfen vermag dieses Ergebnis nicht umzustossen. Sie können durch das Wasser hergeschwemmt oder als etwas Seltenes vom Prähistoriker gesammelt worden sein. Dienten sie als Brennmaterial oder zu einem andern Zwecke? Zu dieser Beurteilung bieten sich keine Anhaltspunkte. Da die Fichtenzapfen in ihrer Gesamtheit vom Baume fallen, die Weisstannenzapfen dagegen zerfallen, mochten ihnen die seltenen Fichtenzapfen vielleicht doch als etwas Besonderes erscheinen.

In der Römerzeit unseres Landes, wahrscheinlich schon etwas früher, stieg die Fichte wieder herab und breitete sich aus. Ihre jetzige Ausbreitung hat sie noch später erreicht und verdankt sie der direkten Bevorzugung seitens des Menschen.

Helvetien war vor der Römerzeit stark bevölkert; ja es besass eine Übervölkerung. Nach Caesars[1]) Bericht zählte dieser Gau, der bei weitem nicht das Gebiet unseres Vaterlandes umfasste, 12 Städte und 400 Dörfer nebst Höfen mit 263,000 Einwohnern. Um genügend Nahrung zu bauen, nahm das Volk gewiss schon damals Rodungen, wenn auch noch in kleinerem Masse vor, wie dies auch Gradmann[2]) für die Germanen hervorhebt. Dass ein bedeutender Ackerbau gepflegt wurde, ist durch die zahlreich aufgefundenen Kulturpflanzen erwiesen. Wohl bestanden zum Teil rege Handelsbeziehungen, aber die Ernährung des Volkes war damals vielmehr als heutzutage, ja vielleicht ganz vom eigenen Ackerbau abhängig. Jetzt kann jedes Gebiet der Erde schnell und leicht von den entferntesten Gegenden mit Getreide versorgt werden. Unter dem Einfluss dieser Rodungen musste der Wald dem Ackerbau weichen und, wie die Funde von Vindonissa beweisen, vermochte die Fichte einen Teil der Niederungen zu erobern. Die Römer gründeten zahlreiche Niederlassungen und setzten dem Walde zu[3]), in welchem Masse, ist jedoch nicht entschieden. Die Hauptausbreitung der Fichte erfolgt erst später, nach den nach der Völkerwanderung einsetzenden grossen

---

[1]) Caesars bellum gallicum: I, 5 und I, 29.

[2]) Gradmann, Robert: Das mitteleuropäische Landschaftsbild nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Geogr. Zeitschr. Jahrg. 7, Heft 7 und 8.

[3]) Früh, J. und C. Schröter: Die Moore der Schweiz mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. Herausgegeben durch die Stiftung Schnyder von Wartensee. 1904, pag. 391.

Rodungen der christlichen Ära, vom 5. bis 13. Jahrhundert, als Nachwirkung dieser und durch die Bevorzugung seitens des Menschen. Diese Rodungen, die oben und unten erfolgten und die nachherige Raubwirtschaft im Gebirge waren von einer nachhaltigen, schädlichen Erscheinung begleitet: Die Waldgrenze in den Alpen ist erniedrigt worden; denn zahlreich sind über der obern Waldgrenze die Zeugen ehemaliger, grösserer Bewaldung anzutreffen.

Nach einem Stillstand in den Rodungen, der bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts andauerte, ist in der neuesten Zeit der Wald wieder zu Ehren gezogen worden. Mit dem Einsetzen einer rationellen Forstwirtschaft wird der Ertrag durch Aufziehen von künstlichem Nadelwald gesteigert, und da findet ihres Ertrages und ihrer Wüchsigkeit wegen vor allem die Fichte Berücksichtigung. Es vollzieht sich ein Umschwung zugunsten der Nadelhölzer.

Im Mittelalter waren die Laubwälder stärker als die Nadelwälder vertreten. Nicht bloss die biologischen Eigenschaften stützen dies, sondern auch in den Ortsnamen spricht sich dies aus: Die aus Laubhölzern abgeleiteten überwiegen an Zahl bedeutend. Unter den 4198 Orts- und Flurnamen, die ich nach Brandstetter[1]) zählte, weisen nur 625 auf Nadelhölzer, 3573 auf Laubhölzer. Dabei ist die Tanne 422 mal aus der Zentralschweiz erwähnt. Neben diesen Angaben ist die Weisstanne 19 mal, die Rottanne 7 mal, die Kiefer 5 mal angeführt. Es ist natürlich zuzugestehen, dass diese Zahlen nicht vollbeweisend sein können; sie haben nur relativen Wert. Sie gründen sich eben auf die heutigen Namen, die häufig sehr jungen Alters sind. Sie verdienen aber für das spätere Mittelalter und die neuere Zeit in Betracht gezogen zu werden und geben da mit den Urkunden manchen Aufschluss. Sichere Resultate vermöchte die Prüfung der bei mittelalterlichen Bauten in unserm Gebiete verwendeten Holzarten zu liefern. Darüber liegen keinerlei Untersuchungen vor; doch drängt sich die begründete Vermutung auf, dass dadurch unsere Ergebnisse eine Bestätigung erfahren würden: Fichtenholz wird fast fehlen, jedenfalls spärlicher als heutzutage angetroffen werden.

Der mittelalterliche Wald unseres Gebietes, charakterisiert durch das seltene Auftreten der Fichte und die Vorherrschaft der Laubhölzer, was sich in unserm Gebiete schon in der prähistorischen Zeit zeigt, schliesst sich in der Zusammensetzung des Waldes vielen benachbarten Gegenden Deutschlands an. Wir erfahren dies aus andern

[1]) Brandstetter, J. L.: Die Namen der Bäume und Sträucher in Ortsnamen der deutschen Schweiz. Beilage z. Jahresber. höh. Lehranst. Luzern. Schuljahr 1901/02, pag. 1—86.

Forschungen. Hoops[1]) berichtet von der Fichte: „Sicher ist anderseits, dass der Baum im Mittelalter südlich von seiner Nordgrenze in vielen Gegenden fehlte, wo die Laubwälder ursprünglich sind, so im Gebiet der Thüringer Saale, nördlich von 51° mit dem anschliessenden Unstrut-Helme-Bezirk, ferner im böhmischen Kessel und namentlich in dem grössten Teil des westdeutschen Mittelgebirges, im ganzen untern Maingebiet, im Odenwald, Neckarland und in der Rheinebene, die zur Römerzeit und im früheren Mittelalter ausgesprochene Laubwaldgebiete waren."

Nach einer Zusammenstellung Edmund von Bergs[2]) werden unter den Ortsnamen Deutschlands, Deutsch-Österreichs und der Schweiz 6115 Namen auf Laubholz und 790 auf Nadelholz bezogen. Diesen Zahlen begegnen wir immer in der Literatur. Es ist hier ein kleiner Irrtum zu berichtigen, indem die 62 von der Eibe abgeleiteten Namen zu Laubholz gezogen sind, so dass auf Laubholz 6053. auf Nadelholz 852 Ortsnamen hindeuten.

In zahlreichen Torfmooren der Schweiz ist das Vorkommen der Fichte erwiesen und es könnte dies als ein Beweis für ein höheres Alter dieses Waldbaumes im Mittellande herangezogen werden. Dies mit Unrecht. Es darf nicht vergessen werden, dass systematische Mooruntersuchungen bei uns selten vorliegen. In den vom Verfasser[3]) untersuchten Torfmooren und auch nach der Zusammenstellung in Früh und Schröter[4]) ergaben sich keine Gründe für ein prähistorisches häufiges Auftreten der Fichte im Mittellande, wenn auch zahlzeiche Fichtenreste (Stammfragmente, Borke, Holz, Äste, Nadeln, Zapfen, Samen und besonders Pollenkörner) gefunden wurden. Ganz selten bilden die Fichtenreste Bestandteile der ersten pflanzlichen Besiedelung; meist entstammen sie den mittleren und besonders höhern Torfhorizonten oder ihre Lage ist gar nicht fixiert. Die Moore der Voralpen, wie Altmatt, Einsiedeln scheiden für unsere Frage als Moore höherer Lagen aus, die das Auftreten der Fichte erklären.

Das Alter der Torfmoore ist schwer einzuschätzen und eine genaue Altersbestimmung der darin gemachten Funde bis jetzt in der Regel unmöglich. Die Moorbildungen können jungen Alters sein. Verlandungen führen dazu. Häufig sind solche erst seit der Pfahl-

---

[1]) Hoops, J.: Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum. Strassburg, 1905, pag. 236.

[2]) v. Berg, Edmund: Geschichte der deutschen Wälder bis zum Schlusse des Mittelalters. Dresden, 1871, pag. 145.

[3]) Neuweiler, E.: Beiträge zur Kenntnis schweizerischer Torfmoore. Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 46 (1901), pag. 1—62.

[4]) Früh, J. und C. Schröter: l. c., pag. 369—371.

bauzeit eingetreten. Eine Reihe Pfahlbauten sind unter Torf begraben, so in Robenhausen, Niederwil, Wauwil, Burgäschi, Schussenriedt. In Robenhausen ruht die erste Niederlassung auf Seekreide und die verschiedenen übereinanderliegenden Siedelungen sind durch Torfschichten getrennt. Die Torfbildung hat hier also erst in der jüngern Steinzeit begonnen, braucht aber nicht die ganze prähistorische Zeit angedauert zu haben. Früh [1]) macht darauf aufmerksam, dass es ein Irrtum wäre, für die Bildung der 3 m Torf von Robenhausen den vollen Zeitraum seit der Steinzeit als nötig anzusehen. La Trinière am linken Ufer des Genfersees birgt unter 2,2 m Torf einen Bronze-Pfahlbau. Manche Moore sind, wie derselbe Forscher [2]) berichtet, erst seit der Römerzeit entstanden, ja Lesquereux hält nach Früh dafür, dass die meisten jurassischen Hochmoore erst in historischer Zeit, nach der allgemeinen Rodung der Wälder, sich gebildet haben. Denselben Standpunkt nimmt von Berg [3]) ein: „Die Torfbildung hat jedenfalls erst nach der Entwaldung stattgefunden"; während er allerdings nach Hoops [4]) das Alter der Torfmoore viel zu niedrig einschätzt.

In den Mooren, die Artefakte prähistorischer Siedelungen an ihrem Grunde bewahren, kann der Beginn der Torfbildung chronologisch eingeordnet werden; die Altersbestimmung der verschiedenen Horizonte ist aber in unsern Mooren sonst nicht durchzuführen, da eine geschichtete Moorbildung, wie dies im Norden konstatiert, bei uns aber einzig im Krutzelried [5]) beobachtet werden konnte, in unserm Gebiete zu einer grossen Seltenheit gehört. Wissenschaftlich sind wir nicht in den Stand gesetzt, auf das Alter eines Torfmoores und noch weniger seiner Schichten zu schliessen. Viele Torfmoore weisen zweifellos ein hohes Alter auf, z. B. das Krutzelried, in dem wir den Übergang vom fluvioglazialen Geschiebe zur Torfbildung verfolgen können, in dem sich aber auch keine Spur der Fichte erkennen lässt. Die Anhaltspunkte, die wir aus den Pfahlbauten erhalten, lassen uns erkennen, dass eine grosse Reihe von Moorbildungen recht jung sind. Zugleich ist daran zu erinnern, dass die Vegetationsbedingungen im Torfmoore für viele Laubhölzer recht ungünstige sind und gerade Koniferen wie Fichte und Kiefer hier eher ihr Gedeihen finden. So müssen wir zugestehen, dass solche Funde eine verbreitete Existenz der Fichte im Prähistorikum nicht beweisen.

[1]) Früh, J. und C. Schröter: l. c., pag. 339.
[2]) Früh, J. und C. Schröter: l. c., pag. 379.
[3]) v. Berg, Edmund: l. c., pag. 136.
[4]) Hoops, J.: l. c., pag. 244.
[5]) Neuweiler, E.: Beiträge zur Kenntnis schweizerischer Torfmoore; p. 6—20.

Die Fichte scheint in der tertiären und quartären Zeit in Mitteleuropa existiert zu haben. Für das schweizerische Mittelland ist sie im Riss-Würm-Interglazial, z. B. in den Schieferkohlen von Uznach nachgewiesen. Durch die folgende, letzte Vergletscherung ist sie in ihrer Verbreitung zurückgegangen, aber nicht ganz verdrängt worden. Von da an ergeben sich für ihre Besiedelung des schweizerischen Mittellandes wichtige Daten. Im Postglazial, spätestens zur paläolithischen Zeit des Kesslerloches, hat sie sich ausgebreitet und ausgedehnte Gebiete beherrscht, ohne jedoch die Laubhölzer ganz zu verdrängen. Von da an hat sie ihr Gebiet verkleinert, indem sie sich, wohl vor den nachrückenden Laubhölzern, in die höhern Lagen zurückzog, um in der Neuzeit unter dem begünstigenden Einfluss des Menschen herabzusteigen und ihr ehemaliges Gebiet wieder zu erobern. Von der Postglazialzeit bis in die allerjüngste Neuzeit lässt sich somit ein Vorrücken, Zurückweisen und abermaliges Vorrücken der Fichte konstatieren, wie dies auch A. Schulz[1]) in mehrmaligem Wechsel, entsprechend seiner Theorie der wechselnden zwei heissen und zwei kühlen (durch gemässigt nasse Winter und kühle nasse Sommer sich auszeichnenden) Perioden, für die Postglazialzeit Mitteleuropas annimmt. Dabei erobert in den heissen Perioden die Fichte jeweils wieder grössere Gebiete, während die kühlen Abschnitte einer Verkleinerung des Gebietes oder Hemmung in der Ausbreitung entsprechen und auch die gegenwärtige Ausbreitung dem Einfluss des Menschen zugeschrieben wird.

Es ist auch schon die Frage diskutiert worden, ob sich für das Prähistorikum Anhaltspunkte für eine Klimaänderung ergeben. Auf den ersten Blick scheint aus dem Verhalten der Fichte eine solche Änderung nicht von der Hand zu weisen sein. Wenn wir aber bedenken, dass die Neuausbreitung dieses Baumes auf den Eingriff des Menschen zurückzuführen ist, so zerfallen, wenigstens für die Zeit vom Neolithikum an, die Gründe für eine wesentliche Schwankung, und wenn wir von den Nadelhölzern, deren Verhalten biologisch begründet ist, absehen, so kann angesichts der Übereinstimmung, welche sich im allgemeinen zwischen der prähistorischen und heutigen Flora ergibt, von einem Klimawechsel keine Rede sein. Eine Schwankung wäre nicht wirkungslos vorübergegangen. Das Klima dürfte dem heutigen entsprochen haben.

Aus dem Paläolithikum liegen bis jetzt nur wenig pflanzliche Dokumente vor. Im Verein mit andern Funden vermögen sie aber

[1]) Schulz, August: Entwicklungsgeschichte der phanerogamen Pflanzendecke Mitteleuropas nördlich der Alpen. Stuttgart, 1899, pag. 95.

über das Landschaftsbild dieses Zeitabschnittes wichtigen Aufschluss zu geben. „Besondere Nagetierschichten gibt es im Kesslerloch nicht" nach Hescheler[1]). Neben einer grossen Menge von Tieren eines arktisch-alpinen Klimas (Rentier, Schneehase, Schneehuhn) ist auch eine, wenn auch spärliche Waldfauna vertreten. Die waldbildende Fichte und auch seltener Laubhölzer konnten wir nachweisen. Auch im Schweizersbild sind Kohlenstückchen von Koniferen, vermutlich Fichte, häufiger als Laubholz. Was für diese Fundstellen gilt, trifft gewiss zum grossen Teil auch für das schweizerische Mittelland zu. Im Schweizersbild ist, gleichsam als Kluft, zwischen der paläolithischen und neolithischen Kulturschicht eine Breccienschicht eingelagert, deren Bildung aber nach Meister[2]) „einen ungleich kürzeren Zeitraum in Anspruch nahm, als man bis jetzt dafür in Rechnung brachte" und in der sich nach Nüesch[3]) der Übergang von der Steppen- zur Waldfauna darstellt. Aus den pflanzlichen Funden ergibt sich für unser Gebiet schon für die ältere Steinzeit das Vorkommen von Wäldern, in denen die mehr kontinentale Fichte dominiert. Anderwärts mochten die Laubhölzer häufiger sein; das Auffinden der Hasel und auch der Buche aus der paläolithischen grauen Kulturschicht vom Hohlenfels tut dies dar. Solchen Wäldern ist eine grössere Bedeutung beizumessen, als es bis jetzt geschah.

„Die postglaziale Steppenperiode Mitteleuropas ist sicher von keiner allzu langen Dauer gewesen", sagt Hoops[4]). Tundren und Steppen haben aber das Landschaftsbild nicht ausschliesslich beherrscht; sie waren zahlreich durchbrochen. Die Funde weisen auf ein Durcheinandergehen und Abwechseln von Tundren, Steppen und Wald. Aus dem gleichbleibenden Charakter der Fauna[5]) ergibt sich ferner, dass während der ganzen Zeit der Besiedlung des Kesslerloches sich das Klima nicht wesentlich geändert hat. Eine Änderung des Waldbildes ist im Neolithikum zur Geltung gekommen, indem hier ein Vorherrschen der Laubhölzer zu verzeichnen ist, die jedoch schon im Paläolithikum sich finden. So scheint der pflanzenbiologisch erklärbare Hiatus, der die beiden Kulturepochen trennt, gegenüber dem Kulturzustande der ältern und jüngern Steinzeit gemildert. Für den Übergang vom Walde, der mehr Nadelhölzer aufweist, zum vorherrschenden Laubwalde, braucht kein allzu grosser Zeitraum eingesetzt zu werden. Weiter oben haben wir gesehen,

[1]) Hescheler, K.: l. c., pag. 72.
[2]) Meister, J.: l. c., pag. 59.
[3]) Nüesch, J.: Das Schweizersbild (1896), pag. 35.
[4]) Hoops, J.: l. c., pag. 102.
[5]) Hescheler, J.: l. c., pag. 128 und 213.

dass die noch heute wirkenden Faktoren das Landschaftsbild rasch verändern können.

Das Vorkommen von Baumpflanzen während des Rückzuges der Gletscher lässt hinwiederum die Ansicht berechtigt erscheinen, ja nötigt geradezu die Annahme auf, dass die Eiszeit die Baumflora nicht auszuschalten, ja dass sie nicht einmal zusammenhängenden Wald zu beseitigen vermochte und nach ihrem biologischen Verhalten konnte die Fichte sogar in höhern Lagen gedeihen. Zu solchen Ergebnissen gelangt auch Brockmann-Jerosch[1]) in seinen pflanzengeographischen Studien, durch welche namentlich auch die klimatischen Verhältnisse der Eiszeit in ein anderes Licht gerückt werden. Ein ozeanisches Klima mit erhöhten festen Niederschlägen verursachte nach ihm das Vorrücken der Gletscher. Ebenso spricht sich Much[2]) für ein ausgeprägt ozeanisches Klima der Eiszeit aus und auch Hoops[3]) pflichtet der Meinung bei, dass die Baumflora die Eiszeit überdauerte und Mitteleuropa nie ein reines Steppengebiet darstellte: „Während der letzten Kälteperiode ist der Wald aus weiten Gebieten Mitteleuropas nicht wieder gewichen. Er hat sich mit der Tundrenflora in das Gebiet geteilt." Mit dem Abschmelzen des Eises „breiteten sich in Mitteleuropa die Steppen wieder aus und die Tierfunde vom Schweizersbild und von Thaingen zeigen, dass die arktischen Tundren an geeigneten Orten direkt in subarktische Steppen übergingen, während anderseits der Wald die Tundren abgelöst haben dürfte". „Die meisten Gebirge dagegen, die Mitteleuropa durchsetzen, das höhere Alpenvorland u. a., sind auch während dieser postglazialen Steppenzeit fortdauernd bewaldet geblieben und auch innerhalb der Steppenbezirke haben jedenfalls manche Striche mit natürlichem Wasserreichtum, engere Täler, Schluchten, Abhänge und Flussniederungen Wälder getragen und Verbreitungszentren für die Waldflora gebildet. Mitteleuropa ist also auch in früherer prähistorischer Zeit keineswegs von geschlossenem Urwald bedeckt gewesen; vielmehr waren die Wälder in grossem Umfange von Steppen, Mooren, Heiden und andern waldfreien Flächen durchlöchert. Anderseits ist Mitteleuropa nach dem Ende der letzten, schwächsten Eiszeit wohl

[1]) Brockmann-Jerosch, H.: Neue Fossilfunde aus dem Quartär und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. Vorläufige Mitteil. Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 54 (1909), pag. 1—15. — Brockmann-Jerosch, H.: Die fossilen Pflanzenreste des glazialen Delta bei Kaltbrunn und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. Jahrb. naturw. Ges. St. Gallen, 1909 und sep., pag. 1—189.

[2]) Much, M.: Vorgeschichtliche Nähr- und Nutzpflanzen Europas. Mitt. anthrop. Ges. Wien. Bd. 38 (1908), pag. 196 u. ff.

[3]) Hoops, J.: l. c., pag. 95 u. 97.

auch niemals in grösserem Umfange ein zusammenhängendes Steppengebiet gewesen in dem extremen Sinne der zentralasiatischen Steppe. Wenn wir von den Mooren, Sümpfen und hohen Gebirgen absehen, werden wir uns Zentraleuropa in älterer postglazialer Zeit vielleicht als ein ähnliches Waldsteppengebiet vorstellen dürfen, wie wir es heute noch in den nördlichen Teilen Südrusslands haben, wo Wald und Steppe in einander übergehen", wie dies auch Gradmann[1]) betont.

Aus den Pflanzenresten der Pfahlbauten ergeben sich Stützen für einen ausgedehnten Ackerbau. Für die Zeit vom Neolithikum an ist auch für unser Gebiet an eine zusammenhängende Urwaldschaft nicht zu denken. Die baumlosen und baumarmen Gebiete, die im Waldgebiete eingestreut waren und welche in Flora und Fauna den Steppen entsprochen haben mögen, eigneten sich zum später auftretenden Ackerbau. Gradmann[2]) hat „zu zeigen versucht, dass es weder den historischen Nachrichten, noch den archäologischen Zeugnissen entspricht, wenn man sich den Boden Mitteleuropas für die Zeiten des germanischen Altertums als eine zusammenhängende, nur von kleinen sporadischen Rodungsflächen mehr oder weniger gleichmässig durchbrochene Waldlandschaft vorstellt; vielmehr haben schon in sehr alter Zeit nicht besiedelte, offene Landschaften von ebenso bedeutendem Umfang bestanden".

Abies alba Mill. Die Weisstanne oder Tanne besitzt keine oder nur vereinzelte Markstrahlen. Das Gewebe ist infolge der Durchfeuchtung häufig deutlich schwammig. Die zahlreichen, feinen Markstrahlen weisen nur einerlei Markstrahlzellen auf, die mit einfachen Poren versehen sind. Durch dieses Merkmal kennzeichnet sie sich gegenüber der Fichte.

Das Tannenholz ist in den prähistorischen Fundstellen ausser der Eiche am häufigsten vertreten. Von zahlreichen Lokalitäten, in allen Epochen vom Neolithikum bis zur Römerzeit, liegen Reste vor. In allen Fällen, wo die Fichte vermutet oder angegeben wurde, hat sich die Zugehörigkeit zur Tanne herausgestellt. Ihr Holz fand als Brennholz und als Bauholz zu Pfählen, Pfosten, Querhölzern Verwendung. Eine Menge Artefakte, wie Kisten, Holzschalen, Pfeilbogen, Holznägel, Holzkeile, Fassdauben, Fensterrahmen, römische

[1]) Gradmann, R.: Das mitteleuropäische Landschaftsbild in seiner geschichtlichen Entwicklung. Geogr. Zeitschr. Jahrg. 7 (1901), pag. 436.

[2]) Gradmann, R.: Das mitteleuropäische Landschaftsbild; pag. 361—377 und 435—447. — Gradmann, R.: Beziehungen zwischen Pflanzengeographie und Besiedlungsgeschichte. Geogr. Zeitschr. Jahrg. 12 (1906), pag. 305—325.

Kodizille oder Schreibtäfelchen sind aus diesem leicht zu bearbeitenden Holze verfertigt.

Von diesem Waldbaum sind namentlich auch die vorn ausgerandeten Nadeln reichlich vorhanden, während Fichtennadeln mir nicht zu Gesicht gekommen sind. Ihr Vorkommen in ganzen Lagen in der Kulturschicht vieler Pfahlbauten lässt nicht daran zweifeln, dass sie häufig war und sich geschätzter Verwendung erfreute. Zapfen liegen ganz selten vor; nur von Robenhausen sind solche bekannt geworden. Diese waren wohl nicht ganz reif, da sie sonst zerfallen wären. Die Schuppen der Weisstannenzapfen lösen sich einzeln von der am Baume hängen bleibenden Spindel los, während die Fichtenzapfen in ihrer Gesamtheit zur Erde fallen. Dieser Umstand erklärt es, dass Fichtenzapfen trotz der grossen Seltenheit dieses Baumes im Prähistorikum sich vorfinden. Die etwa 4 mm langen, kantigen Samen der Tanne mit daran haftendem Flügel trifft man wieder zahlreich an. Über das Vorkommen der Holzreste gibt die Tabelle Aufschluss; andere Reste (Nadeln, Samen) liegen in der Schweiz vor von Steckborn, Niederwil, Robenhausen, Zug, Wauwil, Oberkirch-Sempachersee, Baldeggersee, Burgäschi, Moosseedorf, Sutz, Vinelz, Mörigen.

Ungefähr $^1/_6$ der untersuchten Holzreste haben sich als Weisstanne erwiesen und unter 201 Nadelholzproben gehören 153 ihr an. Heute ist ihr weisses Holz lange nicht so geschätzt wie das der harzreicheren Rottanne. Soll das nicht darauf hindeuten, dass die Tanne in den Laubwäldern des Prähistorikers — die Fichte war selten — eine bedeutende Rolle spielte? Sie ist befähigt, im Kampf ums Dasein die Konkurrenz der Laubhölzer zu ertragen. Sie bildet mit ihnen häufig Mischwälder; dies geschah auch im Prähistorikum. Sie erhält sich grün und voll, auch wenn sie von andern Bäumen überwachsen ist; kein Nadelbaum erträgt so viel Schatten. Gegen klimatische Extreme ist sie empfindlicher wie die Fichte, steigt aber doch ziemlich weit an. Die Moore meidet sie und so darf ihr Fehlen in denselben, trotz ihrer Häufigkeit in den prähistorischen Zeiten, nicht befremden. Im Hochmoore Schachen-Einsiedeln ist sie von Düggeli [1]) in einem kümmerlichen Exemplar aufgefunden worden. In den höhern Lagen, im Nadelholzgürtel, ist sie auch vertreten; so hoch wie die Fichte vermag sie jedoch nicht anzusteigen. Sie nimmt in den Alpen die niedrigeren Lagen ein. In der Neuzeit hat

[1]) Düggeli, M.: Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln. Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 48 (1903), p. 68.

sie nicht mehr dieses ausgedehnte Vorkommen; unter der Begünstigung der Fichte musste sie zurücktreten.

Larix europaea Mill., die Lärche. Sie ist nur aus Gebirgsgegenden, dem Hallstadter Salzbergwerke und aus der bronzezeitlichen Badanlage von St. Moritz, wohl der ältesten Quellfassung Europas, nachgewiesen. Am Fusse des Piz Rosatsch, bei der Mauritiusquelle, liegen 1,80 m und 1,30 m unter der heutigen Quellfassung, im ganzen 2,30 m tief, zwei 1,20 m und 0,90 m breite Röhren in künstlich hingebrachtem, eingestampftem Lehm, umgeben von einer doppelten Verschalung (Verzapfung und Blockbau) aus Lärchenholz. Alle sechs trefflich erhaltenen Proben, die zur Untersuchung gelangten, gehören der Lärche an. Fichte, Kiefer, Weisstanne sind ausgeschlossen. Die Zugehörigkeit zu dem sommergrünen Nadelholz wird durch charakteristische Eigenschaften dokumentiert. Es lässt sich deutlich Kernholz mit rotbrauner Farbe erkennen. Die Jahrringe heben sich durch die breite, scharf abgegrenzte Sommerholzzone recht gut ab; sie sind feinwellig. Ebenso sind die zahlreich vorhandenen Harzkanäle deutlich ausgebildet. Sie sind kleiner als bei der Fichte und nicht selten in Gruppen angeordnet. Häufig ist Verharzung der Markstrahlleitzellen zu beobachten, infolgedessen die Harzgänge im Querschnitte bei schwacher Vergrösserung nicht gut zu sehen sind; besser sind sie im tangentalen Längsschnitt zu erkennen. Der histologische Aufbau der Gewebe scheint ziemlich derb. Die Tüpfel sind gross und häufig in zwei Reihen an den Längswänden der Frühlingstracheïden entwickelt. Im übrigen stimmt der Bau des Lärchenholzes mit dem Fichtenholz überein. Andere Reste der Lärche sind in prähistorischen Lokalitäten nicht bekannt geworden.

Die Lärche ist ein kontinentaler Baum, ein Gebirgsbaum. Im Gebirge tritt sie mit der Fichte gemischt, gegen die Baumgrenze auch in reinen Beständen auf. Sie verlangt vollen Lichtgenuss. Erst in neuerer Zeit erfolgte ihre Einwanderung von Südosten her. Dass sie in den rhätischen Alpen zur Römerzeit wuchs, wird durch Plinius belegt, der nach Hoops [1]) berichtet, dass Tiberius aus diesem Gebiete gewaltige Lärchenstämme zum Brückenbau nach Rom schaffen liess.

Pinus sp., die Kiefer. Seltene Kieferzäpfchen und die 5—6 mm langen, am einen Ende stärker zugespitzten und gegen dieses Ende einerseits oft mit einer Kante versehenen Samen kommen in der Schweiz in Steckborn, Bodmann, Robenhausen, Zug, Lattrigen, St-Blaise und Bevaix vor. Die Kiefersamen treten viel spärlicher auf, als

[1]) Hoops, J.: l. c., pag. 233.

Heer [1]) angenommen hat. Die von diesem Forscher zu *Pinus* gezogenen Samen gehören zum grössten Teil einer Wasserpflanze, *Najas marina*, an [2]). Nadeln sind mit Sicherheit nicht nachgewiesen, und eine Seltenheit sind auch die Holzreste der Föhre. Nur von zwei Lokalitäten, von Robenhausen und vom Öfeli im Bielersee, ist sie in je einem einzigen Rest belegt. Von ersterer Lokalität besteht ein Pfahlstück, von letzterer ein Schwimmer aus Kiefernholz.

Das harzreiche Holz besitzt im Sommer- und Herbstholz zahlreiche, grosse Harzporen. Kennzeichnend sind die zweierlei Markstrahlzellen. Die äussern sind mit unregelmässigen, zackigen Verdickungen versehen, während bei den innern grosse, hintereinander angeordnete Lochtüpfel die Breite des Tracheïdenlumens einnehmen. Das Holz ist dauerhaft und wertvoll. Im Bündner Oberland ist es nach Freuler [3]) „sehr geschätzt und wird noch teurer bezahlt als Lärchenholz". Infolge des Harzreichtums (Kienholz) brennt es sehr leicht.

Die Kiefer erträgt extreme Temperaturen, niedere Luftfeuchtigkeit, nährstoffarmen, trockenen Boden, aber auch feuchten Moorboden und vereinigt damit starkes Lichtbedürfnis und rasches Wachstum. Sie ist ein lichter Baum, der die Beschattung nicht erträgt und im Kampf mit stark schattenden Waldbäumen unterliegt. In unserm Mittellande fehlen ihr die natürlichen Standorte. Sandflächen in Ausdehnung sind für ihr Gedeihen erforderlich. Kiesablagerungen sagen ihr bei uns am besten zu und an solchem Boden tritt sie in Beständen auf (Rhonetal, Rheintal). In der Alpenregion bildet sie häufig einen wichtigen Bestandteil des Nadelwaldes.

Im Prähistorikum kam sie spontan vor. Sie war ein nicht waldbildender, seltener Baum. Ihre Eigenschaften erklären dies. Ihr Auftreten als besonderer Horizont im Lebertorf des Krutzelriedes [4]) beweist, dass sie frühzeitig hier heimisch war, dem abschmelzenden Eise rasch nachrückte und wahrscheinlich eine grössere Verbreitung besass. Wie die Fichte vermochte sie den nachdrängenden Laubhölzern, denen der Boden besser zusagte, nicht standzuhalten, ohne jedoch vollständig verdrängt zu werden. Auf ihre Verbreitung im Mittelalter lässt sich aus den Ortsnamen nicht schliessen. Die Flurnamen mit Fuhr und Fohr sind nach Brandstetter [5]) in ganz

---

[1]) Heer, O: l. c., pag. 38.

[2]) Neuweiler, E.: Prähistorische Pflanzenreste; pag. 18.

[3]) Freuler, B.: Die Holz- und Kulturpflanzen des Zentralen Bündner Oberlandes. Jahresber. naturf. Ges. Graubündens. Bd. 48 (1905/06), pag. 348.

[4]) Neuweiler, E.: Beiträge zur Kenntnis schweiz. Torfmoore; pag. 12.

[5]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 45.

wenigen Fällen von der Föhre, weitaus am meisten von Fur = Abhang herzuleiten. Auch eine zweite Bezeichnung der Kiefer Telle, Tälle, Däle, Dähle kann eine Vertiefung, ein kleines Tal, eine Schlucht bedeuten, so dass auch bei diesen Namen die Abgrenzung der Kiefer schwierig durchzuführen ist. Der Name Kiefer, der zweimal angeführt ist, ist neueren Datums. Dagegen wird der Kienbaum, der ebenfalls Pinus bedeutet, 20 mal belegt. Grosse Bedeutung ist ihr für die frühern Zeiten nicht beizumessen. In unsere heutigen Wälder findet sie sich dank dem Eingreifen des Menschen eingestreut.

Juniperus communis L., Wachholder, konnte in einem Holzrest nur von Inkwil nachgewiesen werden, während er von Robenhausen durch ein Zäpfchen bekundet ist. Dieser Baum tritt als Unterholz auf. Das Holz kennzeichnet sich durch die einschichtigen Markstrahlen und zeigt grosse Hoftüpfel als Verbindung der Markstrahlzellen mit den Strangtracheïden.

b) Laubhölzer.

Die Ausführungen bei den Nadelhölzern haben ergeben, dass im prähistorischen Walde des Mittellandes Fichte und Kiefer stark zurücktraten und die Lärche ganz fehlte. Die Laubhölzer bestimmten die Physiognomie der Wälder des Mittellandes von der jüngern Steinzeit an. Reichlich in voller Urwüchsigkeit ist die Weisstanne beigemischt, und auch die Eibe durchsetzt die Wälder. Fichte und Lärche setzten im Gebirge ein, wo die Laubhölzer zurücktreten und die Nadelhölzer in schönster Ausbildung gedeihen lassen.

In diesem Abschnitte soll nun versucht werden, der Frage näher zu treten, welche Bäume dem Laubwalde das Gepräge aufdrückten. Da wird denn nicht zu verkennen sein, dass die heute mit Recht beliebtesten und geschätztesten Hölzer die Herrschaft behaupteten. Eiche, Buche und auch Esche herrschten bei weitem vor; Hainbuche, Ahorne und Hasel waren in reichlicher Menge beigemischt. Ebenso durchsetzten Birken, Erlen, Weiden, Pappeln, Kirschbäume, Ulme und andere Vertreter unserer heutigen Hölzer die Waldflora.

Salix sive Populus sp., Weide- oder Pappelarten. Bei den Weichhölzern ist infolge leichter Herauswitterung häufig Schrumpfung eingetreten. Die Farbe des Holzes gibt keine Anhaltspunkte mehr und in vielen Fällen ist die Anordnung der Poren nicht zu erkennen. An den Proben konnten Markflecken (Zellgänge) nicht selten beobachtet werden. Die Jahrringe heben sich gut ab; die zahlreichen feinen Markstrahlen sind einreihig. In ein lockeres Gewebe finden sich zahlreiche Poren in Gruppen von 1—6 eingestreut, die gegen

die Jahrringgrenze in der Regel der Menge nach etwas zurücktreten. In seltenen Fällen liess sich bei direktem Vergleich mit Holzschnitten *Salix*, Weide und *Populus*, Pappel, sicher bestimmen; ein sicherer Hinweis auf die in unserm Gebiete heimischen Arten *Salix caprea*, die Sahlweide und *Populus tremula*, die Aspe, hat sich nicht ergeben. Nach Blattresten zu schliessen, existierten diese im Mischwalde rasch wüchsigen Hölzer. Unter den nur als Weichholz oder Laubholz aufgestellten Proben gehört wahrscheinlich eine schöne Anzahl zur Weide oder Pappel. Aus diesem Holze bestehen selten Pfähle; wenige erhalten gebliebene Artefakte sind daraus verfertigt: Drei einfach durchbrochene Schabergriffe und ein von drei Löchern durchbohrtes Holzstück von Niederwil. Gerade häufig sind die Holzreste nicht vertreten. In verschiedenen Siedlungen[1]) sind vereinzelte Blätter von *Salix repens* (Moosseedorf), *Salix caprea* (Rauenegg) und *Populus tremula* (Moosseedorf) genannt worden.

Auf Weide und Pappel beziehen sich viele Orts- und Flurnamen der deutschen Schweiz. Von der Weide abgeleitet zählt Brandstetter[2]) 335, von der Aspe 170 Hinweise.

Juglans regia L., die Walnuss. Ein kleines, bearbeitetes Holzstückchen von Vindonissa weist durch die zerstreuten grossen Poren und die feinen Querlinien im Sommerholz auf den Nussbaum. Fruchtschalen dieses Obstbaumes, dessen Kultur fremder Einführung durch die Römer zugeschrieben wurde, finden sich ebenfalls in Vindonissa, aber auch in den neolithischen Schichten von Steckborn und Bleiche-Arbon. Diese Funde führen zu der Annahme, dass der Nussbaum dem Neolithiker bekannt war. An anderer Stelle[3]) ist der Nachweis geleistet worden, dass das Vorkommen des Nussbaumes im Neolithikum der Schweiz mit den historischen und botanischen Ergebnissen in Einklang steht.

Corylus avellana L., die Haselnuss, mit zusammengesetzten, im mikroskopischen Bilde sich auflösenden und den Poren ausweichenden Markstrahlen und mit zerstreuten, gegen das Herbstholz oft in bäumchenartig verzweigten, radialen Reihen angeordneten Poren zieht sich, meist in unbearbeiteten Stücken, vom paläolithischen Kesslerloch an durch alle prähistorischen Abschnitte bis zur Gegenwart. Gerade ihr Vorkommen im Kesslerloch beweist, dass gemässigte Laubhölzer im Verein mit Nadelhölzern gediehen. Zu den häufigsten prähistorischen Pflanzenresten von der jüngern Steinzeit an gehören

[1]) Neuweiler, E.: Prähistorische Pflanzenreste; pag. 31.
[2]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 55 und 66.
[3]) Neuweiler, E.: Prähistorische Pflanzenreste; pag. 36.

Haselnusschalen, die das Vorkommen der beiden Formen, *Corylus avellana f. silvestris* und *f. oblonga*, der kurzfrüchtigen und der langfrüchtigen Hasel, dartun. Zu allen Zeiten war sie ein beliebter Strauch. Brandstetter [1] zählt sie 239 mal in Orts- und Flurnamen.

Carpinus betulus L., die Hain- oder Hagenbuche. Die Jahrringe sind scharf, die Ringgrenze im Querschnitte wellenförmig. Die breiten unechten Markstrahlen lösen sich schon bei Lupenvergrösserung in feinere auf, die den bald breitstrahligen und verzweigten, bald linienstrahligen Poren nicht ausweichen. Dieser Baum ist in Holzresten namentlich in steinzeitlichen Pfahlbauten bekannt geworden; die Bronzezeit hat weniger Proben geliefert. Das gleiche trifft mit den längsgestreiften, etwas abgestumpften Nüsschen zu. Aus dem zähen Holz bestehen zwei Holzschüsselchen. Die Hainbuche passt zu der übrigen Laubbaumflora. Heute tritt sie als Begleiterin der Buche, aber nur in den untern Lagen auf; die Alpen flieht sie. Trotz des verdrehten Stammes und den gesägten Blättern wird die Hainbuche häufig mit der Buche verwechselt. So erklärt sich leicht, dass sie in Orts- und Flurnamen seltener auftritt. Von Brandstetter [2] wird sie 12 mal genannt.

Betula sp., die Birke. Wenn das Holz noch von der weissen Rinde umgeben ist, so ist die Erkennung leicht. Im Holz treten Markflecken auf, die gegen die Mitte hin zunehmen. Zwischen den deutlichen Jahrringen kommen zahlreiche, sehr dichte Gefässe vor, zwischen denen sich viele, etwas geschlängelte, bei Vergrösserung gut zu beobachtende Markstrahlen hinziehen. Holzreste sind in Schötz, Egolzwil, Burgäschi, Inkwil, Lüscherz, La Tène, Vindonissa vertreten; Rindenstücke in Steckborn, Wangen, Niederwil, Robenhausen, Burgäschi, Moosseedorf, Mörigen. Blattreste von *Betula verrucosa* Ehrh. sind von Robenhausen und Burgäschi zu Gesicht gekommen. Brandstätter [3] zählt 241 von der Birke abgeleitete Orts- und Flurnamen in der deutschen Schweiz.

Alnus sp. Die Erle besitzt sparsame, sich teilweise verlierende, breite und zahlreiche feine, kaum sichtbare Markstrahlen. Zellgänge treten meist häufig auf. Die sehr kleinen, häufigen Gefässe sind gleichmässig im ganzen Jahrring zerstreut. Die Jahrringgrenze ist an den breien Markstrahlen etwas einwärts gezogen. Die beiden Arten, *Alnus incana,* die Grauerle und *Alnus glutinosa*, die Schwarzerle, lassen sich bei gut erhaltenem Holze unterscheiden,

[1]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 32.
[2]) Brandstätter, J. L.: l. c., pag. 37.
[3]) Brandstätter, J. L.: l. c., pag. 24.

indem bei der Grauerle gegenüber der Schwarzerle die Zellgänge schmäler sind oder fehlen und auch die breiten Markstrahlen stark zurücktreten. Sichere Reste der Erle sind vom Neolithikum an erhalten. Ob sie im Kesslerloch vorkommt, ist unsicher; ein Kohlenstückchen kann hieher gehören. An Artefakten sind daraus Axthalme, eine Keule, Stuhlbeine und ein zugespitztes durchlochtes Holz verfertigt; nach erhaltenen Stammstücken wurde sie auch zu Pfählen verwendet. Samen von *Alnus glutinosa* liegen selten vor, so von Steckborn und St-Blaise. In unserm Gebiete folgt die Schwarzerle dem Lauf der Bäche und scheut auch die Sümpfe nicht. An Wassergräben zwischen Wiesen mildert sie häufig die Eintönigkeit. So ist auch begreiflich, dass sie in Orts- und Flurnamen zahlreich, nach Brandstetter[1]) 241 mal, auftritt.

Fagus silvatica L., die Buche. Dieser Waldbaum ist leicht kenntlich an den scharf begrenzten, breiten, echten Markstrahlen, zwischen denen sich viele deutliche feine Markstrahlen hinziehen. Im radialen Längsschnitte bilden die breiten Markstrahlen kurze, glänzende Streifen. Die Gefässe sind gleichmässig zerstreut, treten gegen die Jahrringgrenze etwas zurück. Aus der Tabelle ergibt sich, dass die Buche bei uns erst im Neolithikum mit Sicherheit nachgewiesen ist. Vom Schweizersbild nennt Früh[2]) ein Stückcken Laubholzkohlen, das er für wahrscheinlich Buche hält. Aus der grauen, paläolithischen Kulturschicht in der Höhle vom Hohlenfels bei Schelklingen hat sich neben *Corylus* ein Holzkohlenrest ergeben, der zweifellos zu *Fagus silvatica* gehört. Nach den Bestimmungen haben unsere Vorfahren ausser Pfählen Hämmer, Pickel, Beilfassungen, Holzschlegel, Keulen, Schläger, Keile, Halme, Hacken, Holzstücke und Näpfe daraus gefertigt. Von La Tène liegt ein buchenes Sitzbrett eines Stuhles vor.

Unter den prähistorischen Funden nimmt sie mit 60 Proben der Menge nach die dritte Stelle ein. Weitaus am häufigsten konnte die Eiche mit 290 Bestimmungen nachgewiesen werden; ihr folgt die Esche mit 165 Resten. In Orts- und Flurnamen hingegen beherrscht nach Brandstetter[3]) die Buche mit 748 Nennungen die Eiche mit 450 und die Esche mit 176 Angaben. Wenn auch diese Zahlen mit Vorsicht aufzunehmen sind und nicht zu weitgehenden Schlüssen über die Häufigkeit in den verschiedenen Zeitabschnitten herangezogen werden dürfen, so verdienen sie doch Beachtung. Es spricht sich

[1]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 21.
[2]) Früh, J.: l. c., pag. 197.
[3]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 45.

darin aus, dass die Buche vom Neolithikum an bis heute einer der wichtigsten Waldbäume war. Boden und Klima sind ihr in unserm Gebiete günstig. Die grosse Menge Buchnüsse und Fruchtbecher, die aus einem Dutzend schweizerischer Pfahlbauten vorliegen, bestätigen dies. Ihr bemerkenswertes Auftreten im Paläolithikum der schwäbischen Alp (Hohlenfels bei Schelklingen) dokumentiert ein hohes Alter.

Castanea vesca Gärtn., die Kastanie. Ammon erkannte in dem der spätneolithischen und hauptsächlich der Bronzezeit angehörenden Pfahlbau Vinelz im Bielersee ein rund zugespitztes Holzstück, das im historischen Museum Bern aufbewahrt ist, als *Castanea vesca*. Meine Nachprüfung bestätigte die Bestimmung. Das Holz ist dem Eichenholz ähnlich. Die der Eiche eigentümlichen breiten Markstrahlen fehlen aber ganz; alle Markstrahlen sind mit blossem Auge und bei Lupenvergrösserung unkenntlich; bei stärkerer Vergrösserung heben sie sich schwach ab und weichen den grossen Gefässen aus, die im Frühlingsholz einen ausgeprägten breiten Porenring bilden. Nach aussen zeigen sich schief verlaufende Gefässreihen von kleinen Poren, in oft gruppenweiser Anordnung. Esche und Ulme sind ausgeschlossen; denn bei ersterer treten zarte, aber leicht kenntliche und deutliche Markstrahlen auf; letztere weist im Sommerholz wellige, tangentale Anordnung der Poren auf.

Diesseits der Alpen ist dies der einzige Holzfund der Kastanie, der also bis in die Bronzezeit, vielleicht bis in die Steinzeit zurückreicht. Die Samen sind in Vindonissa nachgewiesen, deren Vorkommen vor dem Auffinden dieses Holzrestes vom Verfasser [1]) direkter römischer Einführung zugeschrieben wurde. Auch vom Lac de Bourget werden von Strobel und Pigorini [2]) gut erhaltene Schalen nach R. Laurent erwähnt und jenseits der Alpen von Bor bei Pacengo Schalenstücke durch A. Goiran [3]). In den Pfahlbauten der oberitalienischen Seen werden Holzreste der Kastanie genannt. „Nachgewiesen in beschriebenen Fundstücken ist aber kein einziges dieser Hölzer.“ So berichtet A. Engler [4]), dem ich den folgenden Ausführungen zum grossen Teil folge. Das Vorkommen von Kastanienholz in Castione scheint mir doch gesichert. G. Passerini bestimmte

[1]) Neuweiler, E.: Pflanzenreste von Vindonissa; pag. 6.

[2]) Strobel, P. ed L. Pigorini: Le Terramare e le palafitte del Parmense. Atti Soc. ital. Sci. nat. Milano. Vol. VII (1864), pag. 32, Anmerkung.

[3]) Goiran, A.: Alcune notizie veronesi di botanica archeologica. Nuovo giorn. bot. ital. Vol. 22 (1890), pag. 24 und 26.

[4]) Engler, Arnold: Über Verbreitung, Standortsansprüche und Geschichte der *Castanea vesca* Gärtner mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Ber. schweiz. bot. Ges. Heft 11 (1901) und sep. pag. 1–40.

die pflanzlichen Reste aus den Terramaren und den Pfahlbauten der Emilia und nach dessen Bestimmung erwähnen Strobel und Pigorini [1]) bearbeitetes Holz der Kastanie, der Eiche und namentlich der Ulme, das zur Konstruktion der Pfahlbauten verwendet wurde. Nach Sordelli [2]) sind aus der Lombardei keine prähistorischen Reste der Kastanie bekannt. Doch auch Engler, der sich eingehend mit der Verbreitung, den Standortsansprüchen und der Geschichte der Kastanie befasst hat, vermutet in den Pfahlbauten am Südfusse der Alpen und am Fusse der Apenninen Reste der Kastanie und es ist seiner Meinung beizupflichten, dass „die Frage betreffend Indigenat der Kastanie in Oberitalien vom historischen Standpunkte aus noch nicht für endgiltig erledigt“ zu halten ist.

Gestützt auf die pflanzenbiologischen und kulturgeschichtlichen Tatsachen hält Engler „die Kastanie im nördlichen Frankreich, in Elsass-Lothringen, in der Pfalz, im Gebiete des Jura und der Alpen und auch am Südfusse derselben nicht für autochthon“, dagegen dürfte sie „auf der Balkanhalbinsel, im südlichen Ungarn, in Slavonien und Kroatien, im Zuge der Apenninen, auf der iberischen Halbinsel und vielleicht auch im südlichen Frankreich ursprünglich heimisch sein, obwohl sie in all diesen Gebieten in prähistorischer Zeit gewiss nicht so häufig vorkam wie heute“. Nach forstwirtschaftlichen Erfahrungen hält er „ein spontanes Vorkommen der Kastanie nur dort für möglich, wo sie entweder allein oder in Mischung mit andern Holzarten geschlossene Hochwaldbestände bildet“. „Sie verlangt kieselsäure reiche Böden und zwar deshalb, weil es fast ausschliesslich Silikate sind, die das Kali den Pflanzen zuführen: Die Kastanie ist eine sehr kalibedürftige Pflanze.“

Im Tertiär Mitteleuropas ist die Kastanie in zahlreichen Funden nachgewiesen. Auch für die Schweiz bestimmte Th. Württemberger [3]) in tertiären Schichten von Bernrain bei Kreuzlingen nach Blättern *Castanea Jacki* Würt., deren Menge geradezu auf einen Kastanienwald schliessen lässt. Nach Sordelli [4]) tritt sie in den pliozänen Ablagerungen von Leffe auf. Während der Vergletscherung ist sie nach Engler „jedenfalls zeitweise aus Mitteleuropa verschwunden; in den Interglazialzeiten aber mag sie jeweilen in ihre frühern Ver-

[1]) Strobel, P. ed L. Pigorini: l. c., pag. 29 und 70.

[2]) Sordelli, F.: Sulle piante della torbiera et della stazione preistorica della Lagozza nel commune di Besnate. Atti Soc. ital. Sci. nat. Milano. Vol. XXIII (1880), pag. 226.

[3]) Württemberger, Th.: Phytopaläontologische Skizzen. Mitt. Thurg. naturf. Ges. Heft 13 (1898), pag. 106.

[4]) Sordelli, F.: Sulle Tartarughe fossili di Leffe. Atti Soc. ital. Sci. nat. Milano. Vol. 15 (1872), pag. 171.

breitungsgebiete wieder eingewandert sein". Doch ist sie im Interglazial diesseits der Alpen nicht nachgewiesen. Aus den interglazialen weissen Mergeln von Pianico-Sellere ist sie durch Baltzer und Fischer[1]) bekannt geworden. „Ein vollständiges, nur als Abdruck erhaltenes Blatt, welches aber in Berippung und Zahnung so vollkommen mit der jetztlebenden *Castanea sativa* übereinstimmt, dass ich (Fischer) keine Bedenken trage, es zu dieser Art zu ziehen. Von Pianico nennt Sordelli eine *Castanea*, die zwischen der tertiären *C. Kubinyi* und *C. sativa* Mill. (*C. vesca* Gärt.) die Mitte hält", so berichtet Fischer. In der Postglazialzeit sucht sie ihr Gebiet wieder zu gewinnen.

Angesichts des Fundes von Vinelz ist das Indigenat der Kastanie für den südöstlichen Fuss des Jurarandes anzunehmen. Das Fehlen der Früchte muss befremden. Wenn dies auch nicht zu positiven Schlüssen zu verwerten ist, so drängt sich doch die Ansicht auf, dass sie zwar damals hier wie im nördlichen Italien einheimisch war, aber eine grosse Ausbreitung und Bedeutung nicht besessen haben kann. Zur Entscheidung der Frage, ob die Kastanie auch schon damals ihre jetzigen drei getrennten Verbreitungsgebiete in der Schweiz diesseits der Alpen, das südwest-, zentral- und ostschweizerische Verbreitungsgebiet, besiedelt habe, genügen die vorliegenden prähistorischen Daten nicht. Jedenfalls hat sie erst durch die Veredlung und durch die Römer diesseits der Alpen eine grössere Bedeutung erlangt. Auf der Nordseite der Alpen tritt sie in Orts- und Flurnamen der Schweiz erst im spätern Mittelalter auf, wo sie frühestens im Jahre 1325 im Namen Kestenberg im Freiamte belegt ist, während sie im Elsass schon im Jahre 679 Erwähnung findet. Im *Capitulare de villis imperialibus* Karls des Grossen ist sie aufgezählt und der Empfehlung dieses Herrschers dürfte eine grössere Ausbreitung und Kultur zu verdanken sein. Engler hat eine ganze Reihe historischer Belege zusammengetragen, welche sich alle auf das spätere Mittelalter beziehen. Brandstetter[2]) nennt 14 von der Kastanie abgeleitete Ortsnamen in der Schweiz.

Quercus sp., die Eiche. An dem Ringe sehr grosser Poren und an den sehr breiten Markstrahlen ist das Eichenholz von andern Hölzern leicht mit der Lupe zu unterscheiden. Ausserhalb des Poren-

[1]) Baltzer, A.: Beiträge zur Kenntnis interglazialer Ablagerungen; nebst Beilage I von Ed. Fischer: Verzeichnis der von A. Baltzer gesammelten Pflanzen des Interglazials von Pianico-Sellere. Neues Jahrb. Min., Geol., Pal. Jahrg. 1896, pag. 168 und 177.

[2]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 12.

ringes treten radial angeordnete, scharf hervortretende Züge und tangental verlaufende, zarte Wellenlinien auf, die durch kleine Poren gebildet werden. Eine Trennung der beiden Arten, der Stieleiche *(Quercus pedunculata)* und der Sitzeiche *(Quercus sessiliflora)*, ist nach den geringen Unterschieden des Holzes nicht durchzuführen. Das Holz ist schwer und dunkel. Seine vortrefflichen Eigenschaften machen es zum besten Bauholz. Eichene Balken, Querhölzer, Pfosten, Dielen, Brettchen, Pfähle, Wasserleitungen, Einbäume, Ruder, Beilfassungen, Beilschäfte, Keulen, Schaufeln, Tragbügel, Weberschiffchen sind gefunden worden. Wie schon erwähnt, tritt sie am zahlreichsten auf. Ihre Reste umfassen 1/4 bis 1/3 der gesamten Holzfunde. Für diese grosse Menge spricht zum Teil ihr hartes, treffliches, ausserordentlich wertvolles Holz, das leicht zu bearbeiten ist. Sie liefert das dauerhafteste aller Hölzer. Zu Wasserbauten ist es vorzüglich geeignet. Wenn auch bevorzugt, so ist eine verbreitete Verwendung nur möglich, wenn sie in den Wäldern häufig vorhanden war. Schon im Prähistorikum gehörte sie zu den dominierenden Waldbäumen. Ihre Früchte sind aus 14 schweizerischen Pfahlbauten bekannt geworden. Der lehmige, etwas schwere Boden sagt ihr zu. Bis in die Neuzeit hinein hat sie die herrschende Rolle geführt und durch ihre markante Gestalt mit der Buche und Esche zusammen dem Walde einen wundervollen Reiz verliehen. Heute ist sie in unsern Waldungen offenbar im Rückgang begriffen, wofür die Ursachen in ihrem wertvollen Holze und in der Bevorzugung der Nadelhölzer zu erblicken sind. - Neben den in der Tabelle angegebenen Fundorten konnte Eichenholzkohle in kleinen Stückchen unter Sämereien aus dem slavischen Burgwall von Spittwitz in der sächsischen Oberlausitz nachgewiesen werden.

Ulmus sp. Die Ulme, der Rüster, ist durch den Porenring, der aus grossen Gefässen gebildet ist und durch die zahlreich im Sommerholz auftretenden, mehr tangental verlaufenden Wellenlinien von Reihen kleinerer Poren gekennzeichnet. *Ulmus campestris* lässt sich dadurch bestimmen, dass die welligen Porenreihen einfache und unterbrochene Linien darstellen. In unsern Wäldern findet sie sich mehr am Rande und an Wegen eingestreut. Brandstetter[1]) bezieht 86 Namen auf sie. Im Prähistorikum treten ihre Reste nicht häufig auf. Im steinzeitlichen Greing besteht ein Holzschwert, im bronzezeitlichen Bodmann eine Beilfassung, in La Tène ein Schild aus Ulme. Sie wird auch vom Lac d'Annecy und von Schussenriedt genannt. Andere Angaben bedürfen der Nachprüfung.

[1]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 77.

Clematis vitalba L., die Waldrebe. Das zähe Holz dieser einheimischen Schlingpflanze erscheint in Steckborn und Mörigen. Die bis 1 cm dicken Zweige zeigen sparsame, gerade, ziemlich breite Markstrahlen. Feine Poren treten nur in einer schmalen Sommerholzzone auf. Die einzelnen Poren sind meist gross und grob. Trotz der Ringporigkeit erscheinen die Schnitte siebartig durchlöchert.

Pirus sp., Apfel- und Birnbaum. Wie die Früchte des Apfelbaumes zu den häufigsten Vorkommnissen der Pfahlbauten gehören, ebenso selten ist in ihnen das Holz von *Pirus* vertreten. Einzig in Lüscherz wurde Holz zu Axthalmen verwendet. Es zeigt folgende Eigenschaften: Die feinen Markstrahlen sind mit unbewaffnetem Auge nicht mehr erkennbar; bei Lupen- oder mikroskopischer Vergrösserung heben sie sich als zarte Linien ab. Auch treten selten Markflecken auf. Die kleinen und gleichmässig zerstreuten Gefässe deuten eher auf *Pirus communis*, dessen Holz zu Werkzeugen geeigneter ist als *Pirus malus*. Eine sichere Unterscheidung der beiden Arten ist aber nicht möglich. Wildlinge kommen vereinzelt im Walde vor. Wichtigere Pflege finden sie als Kulturpflanzen.

Prunus sp., der Kirschbaum, die Schlehe, hat nur unbearbeitete Stücke geliefert. In Vindonissa ist Holz, Rinde und Blatt von *Prunus avium* aufgefunden worden, in Fällanden und Hohlenfels je ein Stück Holz davon, während ein Rest von Schötz eher *Prunus spinosa* anzugehören scheint. Die Proben besitzen einen schwach hervortretenden Porenring aus kleinen Gefässen und sehr zahlreiche, feine, bei Vergrösserung sich gut abhebende Markstrahlen. Die übrigen, ziemlich seltenen Gefässe sind unregelmässig zerstreut, in etwas radialschiefen Reihen, hie und da gruppenartig, namentlich bei *Prunus avium*, angeordnet. Dass er im Prähistorikum kultiviert, beweisen die zahlreichen Steinkerne der Pfahlbauten. Im Laubwalde ist der „Kirschbaum häufig und wetteifert mit den Buchen, Eschen und Ahornen im Wachstum"[1]). Von diesem Obstbaum zählt Brandstetter[2]) 48 Ortsnamen.

Buxus sempervirens L., der Buchs. Zwei Artefakte vom römischen Vindonissa zeigen zahlreiche, sehr schmale und in der Stärke häufig etwas anschwellende und sich auskeilende Markstrahlen, radial angeordnete, gleichmässig zerstreute einzelne Poren, wodurch sich der Buchs vom Ahorn unterscheidet. Nach dem heutigen spärlichen Auftreten könnte man auf den Gedanken kommen, dass das Holz

---

¹) Engler, Arnold: Über die Verbreitung etc. der Kastanie; pag. 20.
²) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 7.

nicht in allernächster Nähe von Vindonissa gewachsen sein muss. Doch führt Brandstetter[1]) 30 Orts- und Flurnamen auf den Buchs zurück.

Euonymus sp., das Pfaffenhütchen. Ein hellbrauner, gut erhaltener Stammsplitter von Burgäschi gehört diesem Strauche an, was aus dem dichten Holze mit den sehr zahlreichen, geschlängelten Markstrahlen, den zerstreuten, sehr kleinen, ziemlich dichten Poren und der deutlichen Jahrringgrenze hervorgeht. Er wird auch vom Schweizersbild und von Moosseedorf erwähnt. Heute findet er sich zerstreut in Gebüsch und Wald, namentlich der östlichen Schweiz. Drei Orts- und Flurnamen[2]) beziehen sich auf ihn.

Diospyros sp. Ebenholz von Vindonissa zeigt zerstreute, grosse Poren, in die eine dunkle Masse eingelagert ist. Aus ihm ist eine Holzflöte verfertigt. Das Ebenholz ist fremdländisch und wohl als Artefakt durch die Römer eingeführt worden.

Acer sp., Ahorn. Das Holz besitzt zahlreiche feine, leicht kenntliche Markstrahlen und viele zerstreute, zu 1—3 stehende Poren. Am deutlichsten und etwas gewellt sind die Markstrahlen bei *Acer pseudoplatanus*, von verschiedener Stärke bei *Acer platanoides*; bei *Acer campestre* keilen sie vielfach aus. Bei diesem stehen die Poren meist zu 1—2 und hie und da zeigen sich auch Zellgänge bei den beiden letztern. Wegen der weichen Erhaltung des Holzes lassen sich die Arten nicht immer auseinanderhalten. Ausser Stammstücken liegen zahlreiche ahornene Gegenstände vor, so Beilfassungen, Halme, Stiele, Sägeeinfassungen, Stäbchen, Löffel, Schüsseln, Sandalen, Fasshahnen, Keulenkopf, Schiffchen, Brettchen, Phallus. In vielen neolithischen, bronzezeitlichen, eisenzeitlichen und römischen Niederlassungen diesseits der Alpen ist, wie aus der Tabelle hervorgeht, Ahorn aufgefunden worden. Am verbreitetsten und bis ins Gebirge ansteigend ist in unsern Wäldern der Bergahorn; angepflanzt an Wegen und in Gärten wird mehr der zartere Spitzahorn, der in den Wäldern seltener auftritt und nicht ansteigt, während der Feldahorn wieder häufiger, wenn auch nicht als grosser Baum, in unsere Wälder eingestreut ist. Vom Neolithikum an bilden die Ahorne einen wichtigen Bestandteil der Wälder. Es kommt dies auch nach Brandstetter[3]) in Orts- und Flurnamen mit 74 Nennungen zum Ausdruck.

Rhamnus frangula L., der Kreuzdorn, ist in einem Holzstück von Burgäschi erhalten geblieben. Das Querschnittsbild ist charakte-

[1]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 26.
[2]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 34.
[3]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 15.

ristisch. Es zeigt einen engporigen Ring; ausserhalb desselben treten verästelte Porengruppen auf, die radial und schief miteinander verbunden und dadurch netzartig gefügt sind. Die Markstrahlen sind unkenntlich. Samen haben Steckborn, Robenhausen und Moosseedorf geliefert. Auch vom Krutzelried [1]) gehören Figur 43 und 44 zu dieser Art.

Auffallen muss die Tatsache, dass Lindenholz in keiner einzigen der zahlreichen Fundstellen mit Sicherheit nachzuweisen war; ein Stück von Bodmann gehört vielleicht dazu. Früchte der Sommer- und Winterlinde sind aus Robenhausen bekannt; die Sommerlinde ist ferner in St-Blaise, die Winterlinde in Steckborn aufgefunden worden. Sie war offenbar im Prähistorikum ein seltener Baum, wie dies auch heute noch der Fall ist. Wenn sie Brandstetter [2]) 241 mal in Orts- und Flurnamen antraf, so spricht sich darin ihre Beliebtheit beim Volke aus. „Kein Baum ist in deutschen Landen so volkstümlich wie die Linde"; sie ist des „Volkes Freund und Nachbar, sein Genosse in Lust und Leid", schreibt Jäger [3]).

Fraxinus excelsior L., die Esche. Das Holz ist mit einem breiten, scharf abgesetzten Porenring aus grossen Gefässen versehen. Im Sommerholz treten kleinere Poren auf, die einzeln oder zu 2—4 in schief verlaufenden Reihen vereinigt sind. Häufig füllen die grossen Poren fast den ganzen Jahrring aus. Die Markstrahlen sind alle zart. Weiter oben ist erwähnt worden, dass dieser Baum ausser der Eiche unter den Laubhölzern am reichlichsten vertreten ist. In zahlreichen Pfahlbauten bestehen viele Pfähle aus Eschenholz, so in Egolzwil, Burgäschi, Inkwil u. a. Auch als Nutzholz erfreute es sich vielfacher Verwendung. Aus ihrem raschwüchsigen und doch so harten, biegsamen, zähen, dauerhaften und sich nicht ziehenden Holze verfertigte der Prähistoriker Beilfassungen, Halme, Handgriffe, Schöpfkellen, Holzschalen, Pflugscharen, Schaufeln, Schiffchen, Stuhllehnen, Brettchen. Bestandbildend tritt dieser Waldbaum bei uns nicht auf; aber im Laubwalde findet er sich überall eingepflanzt. Er meidet weder die Nähe des fliessenden Wassers, noch die trockenen steilen Abhänge des Jura. Am prähistorischen Walde nahm die Esche reichlichen Anteil: Sowohl nach der Zahl der Fundorte, als auch nach der Menge der bestimmten Proben nimmt sie unter den Laubhölzern die zweite Stelle ein.

---

[1]) Neuweiler, E.: Beiträge zur Kenntnis schweiz. Torfmoore. Tafel.
[2]) Brandstetter, J. L.: l. c., pag. 75.
[3]) Jäger, J.: Deutsche Bäume und Wälder. Leipzig (1877), pag. 63.

3. Allgemeine Zusammenfassung und Schluss.

1. Bereits im paläolithischen Zeitalter des Menschen, das mit dem Rückzuge der Gletscher in Verbindung gebracht werden kann, treten bei uns Wälder auf. In ihnen dominieren Nadelhölzer, namentlich die Fichte, ohne jedoch Laubhölzer, selbst gemässigte wie die Hasel, auszuschliessen. Anderwärts nehmen die Laubhölzer einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung des Waldes.

2. Von der jüngern Steinzeit an bis zum Mittelalter drückten die Laubhölzer dem Walde des Mittellandes das Gepräge auf, mit Eiche, Esche, Buche, Ahorn als Hauptholzarten. Der Wald war reichlich durchsetzt von der Weisstanne und auch der Eibe. In Übereinstimmung mit ihren biologischen Eigenschaften waren Fichte und Kiefer ganz seltene Bäume; die Lärche fehlte. Diese waren in der höbern Gebirgslage heimisch.

3. Das gegenwärtige häufige Vorkommen der Nadelhölzer im Mittellande ist dem Eingriffe des Menschen (Rodungen und Begünstigung) zuzuschreiben. Unter seinem Einflusse konnte die Fichte wieder herabsteigen.

4. Es ist anzunehmen, dass dem abschmelzenden Eise rasch Wälder nachrückten und bald einen bedeutenden Teil des frei gewordenen Gebietes besiedelten.

5. Die ältere prähistorische Landschaft Mitteleuropas kann nie reinen Steppencharakter getragen haben. Die Steppe hat sich mit reichlichem Wald in das Gebiet geteilt. In vielen Gegenden war das Waldgebiet vorherrschend. In dieses waren baumlose und baumarme Gefilde eingesprengt, die sich zum später auftretenden Ackerbau eigneten.

6. Die prähistorischen Funde lehren, dass die Kastanie, wie auch Nussbaum und Rebe, die bereits im Neolithikum [1]) der Schweiz nachgewiesen sind, als autochthon anzusehen sind. Sie sind spontan eingewandert, und nur eine weitere Kulturausbreitung und Bedeutung erlangten sie als Fruchtbäume durch den Menschen. Ihre frühzeitige, spontane Einwanderung spricht dafür, dass sie durch die Eiszeit wohl zum Rückzuge gezwungen, aber nicht ganz aus Mitteleuropa verdrängt waren.

---

[1]) Neuweiler, E.: Prähistorische Pflanzenreste; pag. 36 und 73.

Es harren noch eine Reihe von Fragen der Lösung. Dabei ist vielmehr, als es bis jetzt geschehen, auf die engern, örtlichen Verhältnisse, die genauern biologischen Anforderungen der Pflanzen, sowie ihre genauere horizontale und vertikale Verbreitung abzustellen. Die Kenntnis der kleinen, wichtigen Unterschiede kann nur durch biologische Beobachtungen über einzelne Arten und Gruppen, sowie durch pflanzengeographische Monographien kleinerer Gebiete verschafft werden. Solche liegen eine schöne Anzahl vor. Sie sind zu einem weiten Fundamente auszudehnen.

Tabelle 1a. Holzarten nach der Zahl der

Art	Paläolithische Zeit				Neo-
	1. Thaingen	2. Hohlenfels vergl. 22	3. Sirgenstein vergl. 23 u. 47	4. Steckborn	5. Heimenlachen
	h	h	h	p	p
1. *Taxus baccata* L.	—	—	—	—	—
2. *Picea excelsa* Lk.	10	—	—	—	—
3. *Abies alba* Mill.	—	—	—	—	—
4. *Larix decidua* Mill.	—	—	—	—	—
5. *Pinus* sp.	—	—	—	—	—
6. *Juniperus communis* L.	—	—	—	—	—
7. Nadelholz	—	—	—	—	—
8. *Salix* sp.	—	—	—	—	—
9. *Salix sive Populus* sp.	—	—	—	—	—
10. *Juglans regia* L.	—	—	—	—	—
11. *Corylus avellana* L.	1	1	—	14	—
12. *Carpinus betulus* L.	—	—	—	—	—
13. *Betula* sp.	—	—	—	—	—
14. *Alnus incana* (L.) Willd.	—	—	—	—	—
15. *Alnus glutinosa* (L.) Gärtn.	—	—	—	—	—
16. *Alnus* sp.	1?	—	—	2, –, 1	—
17. *Fagus silvatica* L.	—	1	—	5	—
18. *Quercus* sp.	—	—	—	13	—
19. *Castanea vesca* Gärtn.	—	—	—	—	—
20. *Ulmus campestris* L.	—	—	—	—	—
21. *Ulmus* sp.	—	—	—	—	—
22. *Clematis vitalba* L.	—	—	—	2	—
23. *Pirus* sp.	—	—	—	—	—
24. *Prunus spinosa* L.	—	—	—	—	—
25. *Prunus avium* L.	—	—	—	—	—
26. *Prunus* sp.	—	—	—	—	—
27. *Buxus sempervirens* L.	—	—	—	—	—
28. *Euonymus* sp.	—	—	—	—	—
29. *Diospyros* sp.	—	—	—	—	—
30. *Acer pseudoplatanus* L.	—	—	—	—	—
31. *Acer platanoides* L.	—	—	—	—	—
32. *Acer campestre* L.	—	—	—	—	—
33. *Acer* sp.	—	—	—	—	—
34. *Rhamnus frangula* L.	—	—	—	—	—
35. *Tilia* sp.	—	—	—	—	—
36. *Fraxinus excelsior* L.		—	—	—	8, –, 6
37. Weichholz		—	—	—	—
38. Laubholz	—	—	1	1	1
39. Unbestimmbar	—	1	—	—	—
Bestimmte Arten	2	2	—	5	1
Untersuchte Proben	12	3	1	37	9

bestimmten Proben in den verschiedenen Fundorten.

lithische Zeit

Art	6. Niederwil	7. Robenhausen	8. Storen	9. Fällanden	10. Meilen	11. Schöfflisdorf	12. Zug	13. Schötz	14. Egolzwil 1
	p	p	p	p	p	g	p	p	p
1.	—	6, –, 4	—	—	—	—	—	—	1, –, 1
2.	—	1, 1, –	—	—	—	—	—		—
3.	—	19, 7, 12	—	6, 1, –	2, 2, –	—	1	2	35, 4, 2
4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	—	1, 1, –	—	—	—	—	—	—	
6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8.	—	—	—	—	—	—	—	2	—
9.	4, –, 4	—	—	—	—	—	—	—	2, 2, –
10.	—	—	—	—	—	–	—	—	–
11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.	—	—	—	3, 2, –	—	—	—	7, 2, 1	3, 1, –
13.	–	—	—	—	—	—	—	—	2
14.	—	—	—		—	—	—	—	—
15.	–	—	—	—	—	—	—	—	1
16.	—	3	—	—	—	—	—	—	·
17.	3, 1, 1	3, 2, –	—	4, 4, –	—		–	—	2, 2, –
18.	—	4, –, 3	—	7, 7, –	—	40	1	11, 3, 1	7, 6, –
19.	—	—	—	—	—	—	—	—	·
20.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.	—	—	—	—	—	—	—	·	—
23.	—	—	—	– –	—	—	—	·	
24.	—	—	—	—	—	—	—	—	1
25.	–	—	—	1	—	—	—	—	—
26.	—	–	—	—	—	—	– –	1	—
27.	–		—	—	—	—	—	—	·
28.	—	—	—	·	—	—	·	– –	–
29.	—	—	—	—	—	—		—	—
30.	—	3, –, 3		—	—	—	—	1	—
31.	–	—	—	—	—		– –	3, –, 1	—
32.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33.	—	2, –, 2	—	—	—		—	1, –, 1	—
34.	—	—	—		–	—	—		–
35.	—	—	–	– –	—		—	– ·	–
36.	—	9, 1, 6	8	4, 3, 1	—	—	–	14, 2, –	34, 33, –
37.	—	3	—	—	·		—	–	—
38.	—	—	—	—	—	—	—	—	4, 4, –
39.	—	1, –, 1	—	—	—	—	1	—	– –
	2	10	1	6	1	1	2	9	10
	7	55	8	25	2	40	3	42	92

Tabelle 1 b. Holzarten nach der Zahl der

Art	Neolithische				
	15. Egolzwil II	16. Burgäschli	17. Inkwil	18. Moosseedorf	19. Meyriez
	p	p	p	p	p
1. *Taxus baccata* L.	—	3	—	—	—
2. *Picea excelsa* Lk.	—	—	—	—	—
3. *Abies alba* Mill.	1	15, –, 1	19	—	—
4. *Larix decidua* Mill.	—	—	—	—	—
5. *Pinus* sp.	—	—	—	—	—
6. *Juniperus communis* L.	—	—	1	—	—
7. Nadelholz	—	1	—	—	—
8. *Salix* sp.	—	1	—	—	—
9. *Salix sive Populus* sp.	—	—	—	—	—
10. *Juglans regia* L.	—	—	—	—	—
11. *Corylus avellana* L.	—	6, –, 2	1	—	—
12. *Carpinus betulus* L.	—	14, 1, 1	1	—	—
13. *Betula* sp.	5, 4, –	2	1	—	—
14. *Alnus incana* (L.) Willd.	—	1	2	—	—
15. *Alnus glutinosa* (L.) Gärtn.	—	1, –, 1	—	—	—
16. *Alnus* sp.	1, –, 1	3, –, 1	—	—	—
17. *Fagus silvatica* L.	—	4	2	—	—
18. *Quercus* sp.	—	7, 1, –	7	—	2, –, 2
19. *Castanea vesca* Gärtn.	—	—	—	—	—
20. *Ulmus campestris* L.	—	—	—	—	—
21. *Ulmus* sp.	—	—	—	—	—
22. *Clematis vitalba* L.	—	—	—	—	—
23. *Pirus* sp.	—	—	—	—	—
24. *Prunus spinosa* L.	—	—	—	—	—
25. *Prunus avium* L.	—	—	—	—	—
26. *Prunus* sp.	—	—	—	—	—
27. *Buxus sempervirens* L.	—	—	—	—	—
28. *Euonymus* sp.	—	1	—	—	—
29. *Diospyros* sp.	—	—	—	—	—
30. *Acer pseudoplatanus* L.	—	4, –, 3	1	1, –, 1	—
31. *Acer platanoides* L.	—	4, –, 1	—	—	—
32. *Acer campestre* L.	—	1	—	—	—
33. *Acer* sp.	—	5, –, 2	1	—	—
34. *Rhamnus frangula* L.	—	1	—	—	—
35. *Tilia* sp.	—	—	—	—	—
36. *Fraxinus excelsior* L.	1, –, 1	16, –, 6	14	3, 1, –	9, –, 2
37. Weichholz	—	4	—	—	—
38. Laubholz	—	1	1	—	—
38 Unbestimmbar	—	2	-	—	—
Bestimmte Arten	4	18	11	2	2
Untersuchte Proben	8	97	51	4	11

bestimmten Proben in den verschiedenen Fundorten.

Zeit						Neolithische und Bronzezeit			
Art	20. Greing	21. Lac de Chalain	22. Hohlenfels vergl. 2	23. Sirgenstein vergl. 3 u. 17	24. Ripač	25. Rauenegg	26. Lattrigen	27. Locraz	28. Lüscherz
	p	p	h	h	p	p	p	p	p
1.	—	1, –, 1	—	—	—	—	—	1	2, –, 2
2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	—	—	—	—	1	—	—	—	—
4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.	—	1, –, 1	—	—	—	—	—	—	—
12.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	1, 1, –
14.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.	—	1	—	—	—	—	—	—	1, –, 1
17.	—	—	—	1	—	2, 2, –	—	—	2, –, 2
18.	—	—	—	—	—	40, 40, –	—	—	4, 1, 3
19.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.	1, –, 1	—	—	—	—	—	—	—	—
21.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23.	—	—	—	—	—	—	—	—	6, –, 6
24.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.	—	—	1	—	—	—	—	—	—
26.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30.	—	—	—	—	—	—	—	—	1, –, 1
31.	—	—	—	—	—	—	—	1	—
32.	—	—		—	—	—	—	—	
33.	—	1	—		—	—	—	—	
34.	—	—	—	—	—	—	—		
35.	—		—	—	—	—	—		—
36.	—	2	—	—	—	1, 1, –	1, 1, –	—	5, –, 4
37.	—	—	—	—	—	—			
38.	—	—	—	—		—	—	1	—
39.	—		—	—	—	—	—	—	1, –, 1
	1	5	1	1	1	3	1	2	8
	1	6	1	1	1	43	1	3	23

Tabelle 1c. Holzarten nach der Zahl der

Art	Neolith. und Bronzezeit			Bronze-	
	29. Sutz	30. Schaffis	31. Vinelz	32. Bodmann	33. Zürich-Bauschanze
	P	P	P	P	P
1. *Taxus baccata* L.	—	—	2, –, 2	—	—
2. *Picea excelsa* Lk.	—	—	—	—	—
3. *Abies alba* Mill.	—	—	—	—	1, –, 1
4. *Larix europaea* Mill.	—	—	—	—	—
5. *Pinus* sp.	—	—	—	—	—
6. *Juniperus communis* L.	—	—		—	—
7. Nadelholz	—	—	—	—	—
8. *Salix sp.*	—	—	—	—	—
9. *Salix sive Populus* sp.	—	—	—	—	—
10. *Juglans regia* L.	—	—	—	—	—
11. *Corylus avellana* L.	—	—	—	1, –, 1	
12. *Carpinus betulus* L.	—	—	—	1, –, 1	—
13. *Betula* sp.	—	—	—	—	—
14. *Alnus incana* (L). Willd.	—	—	—	—	—
15. *Alnus glutinosa* (L.) Gärtn.	—	—	—	—	—
16. *Alnus* sp.	—	—	—	—	
17. *Fagus silvatica* L.	1, –, 1	2, –, 2	7, –, 7	2, –, 1	—
18. *Quercus* sp.	—	—	—	1, – 1	9, 8, –
19. *Castanea vesca* Gärtn.	—	—	1	—	—
20. *Ulmus campestris* L.	—	—	—	—	—
21. *Ulmus sp.*	—		—	1, –, 1	—
22. *Clematis vitalba* L.	—	—	—	—	—
23. *Pirus* sp.	—	—	10, –, 10	-	—
24. *Prunus spinosa* L.	—	—	—	—	—
25. *Prunus avium* L.	—	—	—	—	—
26. *Prunus* sp.	-	—	—	—	—
27. *Buxus sempervirens* L.	—	—	—	—	—
28. *Euonymus* sp.	-	—	—	-	—
29. *Diospyros* sp.	—	—	—	—	—
30. *Acer pseudoplatanus* L.	—	—	—	—	—
31. *Acer platanoides* L.	2, –, 2	2, –, 2	—	2, – 2	—
32. *Acer campestre* L.	—	—	—	—	—
33. *Acer* sp.	1, –, 1	—	—	1	—
34. *Rhamnus frangula* L.		—	-	—	—
35. *Tilia* sp.	—	—	-	1?, –, 1?	—
36. *Fraxinus excelsior* L.	2, –, 2	4, –, 4	5, –, 5	14, –, 4	—
37. Weichholz		—	—	—	—
38. Laubholz	—	—	1, –, 1	1 – 1	1
39. Unbestimmbar	—	—	—	—	—
Bestimmte Arten	4	3	5	8	2
Untersuchte Proben	6	8	26	25	11

bestimmten Proben in den verschiedenen Fundorten.

zeit									
Art	34. Zürich-Alpenquai	35. Wollishofen-Hafner	36. Wollishofen-Haumesser	37. Mörigen	38. Oefeli-Bielersee	39. Corcelettes	40. Auvernier	41. St-Sulpice	42. St. Moritz
	p	p	p	p	p	p	p	p	b, g
1.	—	1	1, –, 1	—	—	1, –, 1	—	—	—
2.	—	—	—	—	—	—	—	—	1 g
3.	—	—	—	1, –, 1	—	1, – 1	—	—	—
4.	—	—	—	—	—	—	—	—	6, –, 6
5.	—	—	—	—	1, –, 1	—	—	—	—
6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18.	1, –, 1	1, –, 1	1, –, 1	—	—	—	1, – 1	1, 1, –	—
19.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.	—	—	—	1	—	—	—	—	—
23.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36.	—	—	—	—	—	—	—	1, 1, –	—
37.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	2	2	2	1	2	1	2	2
	1	2	2	2	1	2	1	2	7

Tabelle 1d. **Holzarten nach der Zahl der**

Art	Bronzezeit				
	43. Cerinascia	44. Giubiasco	45. { Molinazzo-Arbedo	46. { Castione-Bergamo	47. Sirgenstein vergl. 3 u. 23
	g	g	g	g	h
1. *Taxus baccata* L.	—	—	—	—	—
2. *Picea excelsa* Lk.	2, –, 2	—	—	—	—
3. *Abies alba* Mill.	—	—	—	—	—
4. *Larix europaea* Mill.	—	—	—	—	—
5. *Pinus* sp.	—	—	—	—	—
6. *Juniperus communis* L.	—	—	—	—	—
7. Nadelholz	2, –, 2	2, –, 2	—	—	—
8. *Salix* sp.	—	—	—	—	—
9. *Salix sive Populus* sp.	—	—	—	—	1
10. *Juglans regia* L.	—	—	—	—	—
11. *Corylus avellana* L.	—	—	—	—	1
12. *Carpinus betulus* L.	—	—	—	—	—
13. *Betula* sp.	—	—	—	—	—
14. *Alnus incana* (L.) Willd.	—	—	—	—	—
15. *Alnus glutinosa* (L.) Gärtn.	—	—	—	—	—
16. *Alnus* sp.	—	—	—	—	—
17. *Fagus silvatica* L.	—	—	—	—	1
18. *Quercus* sp.	—	—	—	—	1
19. *Castanea vesca* Gärtn.	—	—	—	—	—
20. *Ulmus campestris* L.	—	—	—	—	—
21. *Ulmus* sp.	—	—	—	—	—
22. *Clematis vitalba* L.	—	—	—	—	—
23. *Pirus* sp.	—	—	—	—	—
24. *Prunus spinosa* sp.	—	—	—	—	—
25. *Prunus avium* L.	—	—	—	—	—
26. *Prunus* sp.	—	—	—	—	—
27. *Buxus sempervirens* L.	—	—	—	—	—
28. *Euonymus* sp.	—	—	—	—	—
29. *Diospyros* sp.	—	—	—	—	—
30. *Acer pseudoplatanus* L.	1, –, 1	1, –, 1	1?, –, 1?	—	—
31. *Acer platanoides* L.	—	—	—	—	—
32. *Acer campestre* L.	—	—	—	—	—
33. *Acer* sp.	6?, –, 6?	—	—	—	1
34. *Rhamnus frangula* L.	—	—	—	—	—
35. *Tilia* sp.	—	—	—	—	—
36. *Fraxinus excelsior* L.	—	—	—	—	—
37. Weichholz	—	—	—	—	—
38. Laubholz	—	—	1, –, 1	2, –, 2	—
39. Unbestimmbar	—	1	—	—	—
Bestimmte Arten	2	1	—	—	5
Untersuchte Proben	11	4	2	2	5

bestimmten Proben in den verschiedenen Fundorten.

Art	Eisenzeit					Römerzeit			
	48. Obergösgen	49. Subingen	50. Ins	51. Velem St-Veit	52. La Tène	53. Arbon	54. Vindonissa	55. Zurzach	56. Aventicum
	g	g	g	l	p	l	l	l	l
1.	—	—	—	—	—	—	2, –, 1	—	—
2.	—	—	—	—	—	—	11, 5, 4	—	
3.	—	—	—	—	6, 5, 1	—	43, 15, 10	1	—
4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	—	—	—		—	—	—	—	—
6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	—	1	—	—	—	—	—	—	—
8.	—	—	—	—	—	—	3	—	—
9.	—	1	—	—	—	—	—	—	—
10.	—	—	—	—	—	—	1, –, 1	—	—
11.	—	—	—	—	—	—	6	—	—
12.	—	—	—	—	—	—	—	—	
13.	—	3	—	—	1, –, 1	—	2, –, 1	—	—
14.	—	—	—	—	—		—	—	—
15.	—	—	—	—	—	—		—	—
16.	—	—	—	—	1	—	—	—	—
17.	—	5	—	—	4, 2, 2	—	8, –, 1	—	—
18.	4	1	2	5	37, 36, 1	2, 2, –	36, 15, –		50, 49, 1
19.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.	—	—	—	—	1, –, 1	—	—	—	—
21.	—	—	—	—	—	—	—	—	
22.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.	—	—	—	—		—	—	—	—
25.	—	—	—	—	—	—	1	—	—
26.	—	—	—	—		—		—	—
27.	—	—	—	—			2, –, 2		—
28.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.	—	—	—	—	—	—	1, –, 1	—	
30.	—	—	—	—	—	—	1, –, 1	—	—
31.	—	1	—	—	—	—	—	—	—
32.	—	—	—	—	—	—	1, –, 1	—	—
33.	—	—	—	—	2, –, 2		3, –, 1		—
34.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35.	—	—	—	—	—	—		—	—
36.	—	1	1, –, 1	—	2, 1, 1	—	5, –, 1		—
37.	—	—		—	—	—	—	—	—
38.	—	—	—	—	—	—	1, –, 1	—	—
39.	—	—	—	—		—		—	—
	1	6	2	1	8	1	16	1	1
	4	13	3	5	54	2	127	1	50

Tabelle 2.

Verteilung der Holzreste in den prähistorischen Abschnitten der Schweiz diesseits der Alpen.

Art	Anzahl der Fundorte mit der Menge der bestimmten Proben.						
	1. Paläolithische Zeit	2. Neolithische Zeit	3. Neolith. u. Bronzezeit	4. Bronzezeit	5. Eisenzeit	6. Römerzeit	7. Summe
1. *Taxus baccata* L.	-	3 mit 10	3 mit 5	3 mit 3	—	1 mit 2	10 mit 20
2. *Picea excelsa* Lk.	1 mit 10	1 „ 1	—	—	—	1 „ 11	3 „ 22
3. *Abies alba* Mill.		9 „ 100		3 mit 3	1 mit 6	2 „ 44	15 „ 153
4. *Pinus* sp.	-	1 „ 1	—	1 „ 1	—	—	2 „ 2
5. *Juniperus communis* L.	—	1 „ 1	—	—	—	—	1 „ 1
6. Nadelholz	[1 mit diversen]*)	1 „ 1	--	—	1 mit 1	—	3 „ 3
7. *Salix sive Populus* sp.	—	4 „ 9	—	—	1 „ 1	1 mit 3	6 „ 13
8. *Juglans regia* L.	—	—	—	—	—	1 „ 1	1 „ 1
9. *Corylus avellana* L.	1 mit 1	3 mit 21	—	1 mit 1	—	1 „ 6	6 „ 29
10. *Carpinus betulus* L.	—	5 „ 28	—	1 „ 1	—	—	6 „ 29
11. *Betula* sp.	—	4 „ 10	1 mit 1	—	2 mit 4	1 mit 2	8 „ 17
12. *Alnus* sp.	1 mit 1?	6 „ 14	1 „ 1	—	1 „ 1	—	9 „ 17
13. *Fagus silvatica* L.	—	7 „ 23	5 „ 14	1 mit 2	2 „ 9	1 mit 8	16 „ 56
14. *Quercus* sp.	—	10 „ 99	2 „ 44	7 „ 15	4 „ 44	3 „ 88	26 „ 290
15. *Castanea vesca* Gärtn.	-		1 „ 1	—	—	—	1 „ 1
16. *Ulmus* sp.	-	1 mit 1	-	1 mit 1	1 mit 1	—	3 „ 3
17. *Clematis vitalba* L.	—	1 „ 2	—	1 „ 1	—	—	2 „ 3
18. *Pirus* sp.	—	—	2 mit 16	-	-	—	2 „ 16
19. *Prunus* sp.	—	3 mit 3	—	—	—	1 mit 1	4 „ 4
20. *Buxus sempervirens* L.	—	—	—	—	—	1 „ 2	1 „ 2
21. *Euonymus* sp.	—	1 mit 1	—	—	—	—	1 „ 1
22. *Diospyros* sp.	-	—	-	-	—	1 mit 1	1 „ 1
23. *Acer* sp.	—	5 mit 27	4 mit 7	1 mit 3	2 mit 3	1 „ 5	13 „ 45
24. *Rhamnus frangula* L.	—	1 „ 1	—	—	—	—	1 „ 1
25. *Tilia* sp.		—	—	1 mit 1?	—	—	1 „ 1
26. *Fraxinus excelsior*		11 mit 120	6 mit 18	2 „ 15	3 mit 4	1 mit 5	23 „ 162
27. Laubholz	[1 mit 1]*)	6 „ 15	2 „ 2	2 „ 2	—	1 „ 1	12 „ 21
Summe	11	488	109	49	74	180	914
woven							
Nadelhölzer	11	114	5	7	7	57	201
Laubhölzer	3	374	104	42	67	123	713

*) nach Früh.

Die Kurven konstanter Erzeugungswärme für elastische Flüssigkeiten.

Von

A. Fliegner.

Wenn eine elastische Flüssigkeit aus einem Raum mit höherem Druck vollkommen adiabatisch ausströmt und in einem anderen Raum unter tieferem Druck isoliert zur Ruhe kommt, so nimmt sie schliesslich, wie die Thermodynamik nachweist, aussen dieselbe Erzeugungswärme $A(U + pv)$ an, die sie vorher im Inneren hatte. Für ein vollkommenes Gas, welches sonst genügend genau der Zustandsgleichung $pv = RT$ folgt, sollte man daher erwarten, dass seine Temperatur aussen wieder der inneren gleich wird. Die bekannten Versuche von Joule und Thomson aus dem Jahre 1854 haben aber eine gewisse Abkühlung ergeben, und dieses Verhalten ist später von Linde für seine Maschinen zur Verflüssigung der Gase ausgenutzt worden. Bei weiteren, von anderen Beobachtern unter anderen Verhältnissen angestellten Versuchen hat sich dagegen auch nach der Beruhigung umgekehrt eine Erwärmung des Gases gezeigt. Und zwar trat für gleich bleibende Pressungsgrenzen die Abkühlung bei tieferen, die Erwärmung bei höheren Temperaturen auf. Dazwischen lag eine Grenze, bei der sich die Temperatur nicht änderte. Diese Grenztemperatur wird „Inversionstemperatur" genannt.

Allerdings versteht man unter dieser Benennung nicht immer genau das Gleiche. So nehmen z. B. Olszewski[1]) und Dickson[2]) zwei bestimmte, endlich verschiedene Pressungen an, innen p_1, aussen p_2, und suchen dazu diejenige innere Temperatur T_1 auf, für welche die äussere T_2 der innern T_1 gleich, oder der Quotient

$$\frac{T_1 - T_2}{p_1 - p_2} = 0$$

[1]) Phil. Mag. 1907. Bd. 13. S. 722—724.
[2]) Phil. Mag. 1908. Bd. 15, S. 126—146.

wird. Das ist ihre Inversionstemperatur. Diese ergibt sich dabei als abhängig von beiden Grenzpressungen p_1 und p_2. Andere dagegen, wie Porter[1]) und Vogel[2]), nehmen die Differenzen unendlich klein an, d. h. sie setzen den Differentialquotienten

$$\frac{dT}{dp} = 0.$$

Die so bestimmte Inversionstemperatur hängt nur noch von einem einzigen Druck ab. Diese zweite Erklärung des Begriffes „Inversionstemperatur" lässt einfachere Formeln erwarten. Ausserdem dürfte sie auch die für die technischen Anwendungen zweckmässigere sein. Daher will ich mich ihr bei den folgenden Entwickelungen anschliessen.

Um festzustellen, unter welchen Bedingungen eine Abkühlung, unter welchen eine Erwärmung auftritt und wo die Grenze liegt, erscheint es als das Einfachste, unmittelbar die Kurven konstanter Erzeugungswärme, $A(U+pv)$ = const., nach dem Verlauf der Temperatur gegenüber dem Druck zu untersuchen. Solche Untersuchungen liegen auch schon vor, nur haben sie teilweise auf recht unbequeme Ausdrücke geführt. Namentlich lassen sie aber die Vorgänge in der Nähe und innerhalb des kritischen Punktes ganz unberücksichtigt, und gerade diese spielen bei den Anwendungen auf Verflüssigung der Gase eine wichtige Rolle.

Bei Untersuchungen dieser Art darf natürlich nicht mehr die gewöhnliche Gasgleichung in der einfachen Gestalt $pv = RT$ verwendet, vielmehr muss von einer der allgemeinen Zustandsgleichungen ausgegangen werden. Als solche will ich hier die von van der Waals aufgestellte benutzen, weil sie unter allen vorgeschlagenen Gleichungen noch die einfachste Gestalt besitzt. Sie gibt zwar die wirklichen Verhältnisse durchaus nicht genau wieder, aber doch immerhin wesentlich richtig. Daher können die folgenden Entwickelungen und Ergebnisse allerdings auch keinen Anspruch auf zahlenmässige Genauigkeit erheben. Dagegen sollten sie das Wesentliche der zu untersuchenden Vorgänge ebenfalls richtig erkennen lassen. Soweit übrigens die dabei nötigen Formeln noch nicht in den thermodynamischen Lehrbüchern enthalten sind, soll der Deutlichkeit wegen ihre Herleitung kurz angedeutet werden.

Die Zustandsgleichung von van der Waals hat die Gestalt:

$$1) \qquad \left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT.$$

[1]) Phil. Mag. 1906, Bd. 11, S. 554—568.

[2]) Sitzungsberichte d. Kgl. Bayr. Akad. d. Wissenschaften, Math. phys. Kl. 1909, S. 1—11.

worin a, b und R Konstanten bedeuten, die für jede Gasart besondere Zahlenwerte besitzen.

Als Vorbereitung für die weiteren Untersuchungen müssen zunächst einige thermodynamische Grössen bestimmt werden, so wie sie dieser Zustandsgleichung entsprechen. Zuerst ist es nötig, das Verhalten der spezifischen Wärmen: c_v bei konstantem Volumen und c_p bei konstantem Druck festzustellen. Für diese Grössen gelten die allgemeinen Beziehungen:

$$\left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = A\,T\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v, \quad \left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = -A\,T\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p. \qquad (2)\,(3)$$

Die partiellen Derivierten auf den rechten Seiten dieser beiden Ausdrücke müssen aus der Zustandsgleichung berechnet werden. Zu diesem Zwecke differenziert man Glchg. (1) zunächst einmal vollständig. Das gibt:

$$(v-b)\,dp + \frac{p v^3 - a(v-2b)}{v^3}\,dv = R\,dT. \qquad (4)$$

Setzt man in dieser Gleichung erst $dv = 0$, dann $dp = 0$, so erhält man die beiden ersten partiellen Derivierten zu:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \frac{R}{v-b}, \quad \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = \frac{R v^3}{p v^3 - a(v-2b)}. \qquad (5)\,(6)$$

Nach Glchg. (5) ist $(\partial p/\partial T)_v$ von T unabhängig. Daher verschwindet die zweite partielle Derivierte $(\partial^2 p/\partial T^2)_v$, und damit folgt aus Glchg. (2), dass c_v von v unabhängig sein muss. Dagegen kann es sich vielleicht mit T ändern. Ausreichende Versuche über diese Grösse liegen für die tiefen Temperaturen, die hier in Frage kommen, noch nicht vor. Bisher ist nur atmosphärische Luft von Witkowski[1]) untersucht worden. Dieser Beobachter findet, ähnlich wie Lussana, die spezifischen Wärmen vom Druck abhängig. Er gibt für Luft

$$c_v = 0{,}169 + \alpha\,(p-1),$$

wo p in Atmosphären zu 760 mm Hg einzusetzen ist. α hängt von der Temperatur ab, und zwar wächst es angenähert hyperbolisch von 0,00008 bei 0° C bis 0,0135 bei −140° C. Dieses c_v wäre also eine Funktion von p und T, oder, wenn p nach der Zustandsgleichung eliminiert wird, von v und T. Eine derartige spezifische Wärme bei konstantem Volumen steht aber mit der van der Waals'schen Gleichung nicht im Einklang. Wollte man Witkowski folgen, so müsste man eine andere, verwickeltere Zustandsgleichung benutzen. Da es aber hier mehr auf wesentliche Ergebnisse abgesehen ist, so

[1]) Phil. Mag. 1896, Bd. 42, S. 1—37.

soll der Einfachheit halber das sonst oberhalb 0° C gefundene Verhalten auch unterhalb gültig angenommen und angenähert

$$(7) \qquad c_v = \text{const.}$$

gesetzt werden.

Wie sich dabei c_p verhält, lässt sich aus den Glchgn. (6) und (3) nicht herleiten, weil sich aus (6) v nach der Zustandsgleichung nicht eliminieren lässt. Um c_p zu bestimmen, muss vielmehr von der anderen allgemeinen Gleichung der Thermodynamik ausgegangen werden:

$$(8) \qquad c_p - c_v = A\,T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p.$$

Sie gibt mit Glchg. (5) und (6):

$$(9) \qquad c_p - c_v = A\,T \frac{R}{v-b} \frac{R v^3}{p v^3 - a(v-2b)} = f(p, v, T).$$

Eliminiert man hier nach der Zustandsgleichung erst T, dann p, so erhält man:

$$(9\,\text{a}) \qquad c_p - c_v = A\,R \frac{p v^3 + a v}{p v^3 - a(v-2b)} = f(p, v) \text{ oder:}$$

$$(9\,\text{b}) \qquad c_p - c_v = \frac{A R^2 T v^3}{R T v^3 - 2a(v-b)^2} = f(v, T).$$

Als $f(p, T)$ lässt sich die Differenz nicht darstellen.

Jetzt gehen die in der Thermodynamik gewöhnlich mit X, Y und Z bezeichneten Funktionen zu berechnen. Es ist nämlich nach Glchg. (7) und (5):

$$(10) \qquad X = \frac{c_v}{A} \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v = c_v \frac{v-b}{A\,R}$$

und nach Glchg. (9a) und (6), gleich vereinfacht:

$$(11) \qquad Y = \frac{c_p}{A} \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p = c_v \frac{p v^3 - a(v-2b)}{A\,R v^3} + p + \frac{a}{v^2}.$$

Dieses Y ist eine kürzere Bezeichnung für $Z + p$, so dass weiter folgt:

$$(12) \qquad Z = c_v \frac{p v^3 - a(v-2b)}{A\,R v^3} + \frac{a}{v^2}.$$

X und Z bedeuten die beiden partiellen Derivierten der inneren Arbeit $U = f(p, v)$ nach p und v; d. h. es ist $dU = X dp + Z dv$, oder mit Glchg. (10) und (12):

$$dU = \frac{c_v}{A\,R} \left[(v-b)\,dp + \frac{p v^3 - a(v-2b)}{v^3}\,dv \right] + \frac{a}{v^2}\,dv.$$

Die eckige Klammer geht nach Glchg. (4) durch $R\,dT$ zu ersetzen, daher schreibt sich einfacher:

$$dU = \frac{c_v}{A}\,dT + \frac{a}{v^2}\,dv, \tag{13}$$

und hieraus folgt endlich durch Integration:

$$U = \frac{c_v}{A}\,T - \frac{a}{v} + U_0. \tag{14}$$

Die Zustandsgleichung von van der Waals führt also auf eine innere Arbeit, die nicht nur von der Temperatur abhängt, sondern auch vom Volumen. Sie wächst gleichzeitig mit jeder dieser Zustandsgrössen. Dabei lässt der Ausdruck für U unmittelbar erkennen, dass die Integrationskonstante U_0 den Wert der inneren Arbeit für $T = 0$ und $v = \infty$ bedeutet, also für Ruhe der Molekeln bei unendlicher Zerstreuung. In diesem Grenzzustand würde der Körper keine kinetische Molekularenergie mehr enthalten, während die potentielle Energie umgekehrt ihren grössten Wert erreicht hätte. Der Zahlenwert von U_0 geht aber auch hier nicht anzugeben, und da sich diese Integrationskonstante doch bei allen Rechnungen weghebt, so soll sie weiterhin überhaupt weggelassen werden.

Schliesslich muss noch die Erzeugungswärme $E = A(U + pv)$ dargestellt werden. Sie ergibt sich nach Glchg. (14) unmittelbar zu:

$$E = c_v T - A\,\frac{a}{v} + Apv = f(p, v, T). \tag{15}$$

Ersetzt man hierin nach der Zustandsgleichung (1) erst T, dann p, so schreibt sich diese Grösse auch:

$$E = \left[\frac{c_v}{R}(v - b) + Av\right]p + \frac{c_v a}{Rv^2}(v - b) - A\,\frac{a}{v} = f(p, v), \text{ oder} \tag{16}$$

$$E = \left(c_v + \frac{ARv}{v - b}\right)T - 2A\,\frac{a}{v} = f(T, v). \tag{17}$$

Die weiteren Entwickelungen und Formeln vereinfachen sich nun wesentlich, wenn man statt der gewöhnlichen Zustandsgrössen p, v und T reduzierte Koordinaten einführt, bezogen auf die Werte p_k, v_k und T_k im kritischen Punkt des Körpers als Einheit. Mit diesen kritischen Grössen hängen die Konstanten a, b und R der van der Waals'schen Zustandsgleichung so zusammen, dass ist:

$$a = 3p_k v_k^2, \quad b = \frac{1}{3}v_k, \quad R = \frac{8}{3}\,\frac{p_k v_k}{T_k}. \tag{18}$$

Führt man diese Werte in die Zustandsgleichung (1) ein, und ersetzt man dann die auftretenden Quotienten durch die reduzierten Koordinaten, nämlich:

$$\frac{p}{p_k} = \pi, \quad \frac{v}{v_k} = \varphi, \quad \frac{T}{T_k} = \tau, \tag{19}$$

so erhält man als reduzierte Zustandsgleichung von van der Waals:

$$(20) \qquad \left(\pi + \frac{3}{\varphi^2}\right)(3\varphi - 1) = 8\tau.$$

Diese Gleichung enthält keinerlei besondere Konstanten mehr. Sie gilt also unverändert für alle Gase, entsprechend dem Gesetz der korrespondierenden Zustände.

Es muss jetzt noch die Erzeugungswärme E in reduzierten Koordinaten ausgedrückt werden. Um dabei die für jedes Gas verschiedenen Grössen a, b, R und c_v aus dem Ausdruck fortzuschaffen, benutzt man zunächst die Beziehung, dass das Produkt aus c_v mal dem Molekulargewicht m, die Molekularwärme, für alle Gase genügend genau den gleichen Zahlenwert:

$$(21) \qquad m\, c_v = 4{,}85$$

besitzt. Ebenso hat für alle Gase das Produkt mR den gleichen Wert, nämlich:

$$(22) \qquad m\,R = 845{,}182.$$

Man kann nun die Ausdrücke für die Erzeugungswärme so umformen, dass in ihnen der Quotient:

$$(23) \qquad \frac{c_v}{AR} = \frac{m\,c_v}{A\,m\,R} = 2{,}450 = \alpha$$

auftritt, der dann auch für alle Gase den gleichen Zahlenwert beibehält. A ist dabei mit $1/427$ eingeführt. Wäre $c_v = f(T)$ angenommen worden, so hätte sich auch α von T abhängig ergeben.

Jetzt lässt sich zunächst Glchg. (17) schreiben:

$$E = AR\left(\frac{c_v}{AR} + \frac{v}{v-b}\right)T - 2A\frac{a}{v}\cdot$$

Ersetzt man hier das R vor der Klammer sowie a und b nach Glchg. (18), berücksichtigt man noch (23) und führt man endlich statt v und T nach (19) φ und τ ein, so kann man den Ausdruck in die Gestalt bringen:

$$(24) \qquad E = A p_k v_k \left[8\tau\left(\frac{\alpha}{3} + \frac{\varphi}{3\varphi - 1}\right) - \frac{6}{\varphi}\right].$$

Für den kritischen Punkt $\tau = 1$, $\varphi = 1$ geht er über in:

$$(25) \qquad E_k = A p_k v_k \left[8\left(\frac{\alpha}{3} + \frac{1}{2}\right) - 6\right] = 4{,}534\, A p_k v_k.$$

Wollte man jetzt eine reduzierte Erzeugungswärme einführen, die sich, wie die übrigen reduzierten Grössen, auf den Wert im kritischen Punkt als Einheit bezieht, so müsste man Glchg. (24) durch

(25) dividieren. Dabei würde $A p_k v_k$ wegfallen und bei allen reduzierten Werten 4,534 als Nenner zu der eckigen Klammer in (24) hinzukommen. Da erscheint es aber einfacher, diesen Nenner wegzulassen und die Erzeugungswärme lieber auf den Wärmewert der Verdrängungsarbeit $p_k v_k$ im kritischen Punkte zu beziehen. Daher soll als reduzierte Erzeugungswärme, bezeichnet mit ε, die eckige Klammer in Glchg. (24) eingeführt werden, oder nach einfacher Umformung:

$$\varepsilon = \frac{8}{3} \cdot \frac{3(\alpha+1)\varphi - \alpha}{3\varphi - 1}\,\tau - \frac{6}{\varphi} = f(\varphi, \tau). \tag{26}$$

So gerechnet wird im kritischen Punkt ε nicht der Einheit gleich, sondern nach Glchg. (25):

$$\varepsilon_k = 4{,}534. \tag{27}$$

Ersetzt man noch in (26) τ nach (20) durch π und φ, so erhält man für ε den anderen Ausdruck:

$$\varepsilon = \frac{1}{3}\Big[3(\alpha+1)\varphi - \alpha\Big]\pi + \frac{3(\alpha-1)\varphi - \alpha}{\varphi^2} = f(\pi, \varphi). \tag{28}$$

Dagegen lässt sich ε nach der van der Waals'schen Zustandsgleichung nicht als $f(\pi, \tau)$ darstellen, weil φ nicht zu eliminieren geht.

In den früheren Ausdrücken für die Erzeugungswärme E hätte eigentlich noch überall die Integrationskonstante $A U_0$ hinzugefügt werden sollen; bei den letzten Werten für ε wäre es der Quotient $U_0 / p_k v_k$. Jedenfalls träte dieses Glied additiv hinzu, da $U_0 > 0$ bleibt, und es ist daher möglich, dass die in den Formeln angegebenen Werte von E und ε auf dem Gebiet der Anwendungen auch negativ ausfallen können. Das geschieht allerdings nach Glchg. (27) nur für Kurven, die innerhalb des kritischen Punktes vorbeigehen.

Um Aufschluss über die Vorgänge beim Ausströmen von Gasen zu erhalten, muss man nun den Verlauf der Kurven konstanter Erzeugungswärme eingehender untersuchen. In reduzierten Koordinaten ist ihre Gleichung:

$$\varepsilon = \text{const}, \tag{29}$$

wobei für ε einer der Ausdrücke aus Glchg. (26) oder (28) genommen werden muss. Diese Kurven will ich weiterhin kurz als „ε-Kurven" bezeichnen.

Betrachtet man zunächst den Wert für ε aus Glchg. (28), entsprechend dem Arbeitsdiagramm, so ist sofort ersichtlich, dass sich die Gleichung mit wachsendem φ asymptotisch dem Grenzwerte:

$$(\alpha + 1)\pi\varphi = \text{const.}$$

nähert, also einer gleichseitigen Hyperbel, wie es sein muss.

Zur weiteren Untersuchung der Kurve braucht man noch ihre Neigung, also den Quotienten $d\pi/d\varphi$. Dieser findet sich durch Differentiation der Kurvengleichung nach (28) zu:

$$(30)\qquad \frac{d\pi}{d\varphi} = -3\,\frac{(\alpha+1)\pi\varphi^2 - 3(\alpha-1)\varphi + 2\alpha}{[3(\alpha-1)\varphi - \alpha]\varphi^3}.$$

Von den drei Grössen π, φ und τ haben nur positive Werte wirkliche Bedeutung. Aus der Zustandsgleichung geht auch sofort zu ersehen, dass daher φ sogar $> {}^1/_3$ bleiben muss. Nach oben zu können dagegen alle drei Grössen bis in's Unendliche wachsen.

An der unteren Grenze von φ folgt nun aus der Kurvengleichung (28) und aus (30):

$$(31)\qquad \varphi = \frac{1}{3}:\quad \pi = 3(9+\varepsilon),\ \frac{d\pi}{d\varphi} = -9(\alpha-1)(18+\varepsilon).$$

Dieses π wird nur positiv, so lange $\varepsilon > -9$ bleibt, und da für $\varepsilon = -9$ nach Glchg. (31) $d\pi/d\varphi < 0$ wird, so können Kurven für $\varepsilon < -9$ überhaupt nicht wirklich vorkommen. Soweit die ε-Kurven dann möglich sind, beginnen sie bei $\varphi = {}^1/_3$ für wachsendes ε mit immer grösserem π und immer steiler, aber doch ununterbrochen mit $d\pi/d\varphi < 0$. Die Isothermen $\tau = \text{const.}$ haben dagegen die Vertikale $\varphi = {}^1/_3$ zur Asymptote. Und daraus folgt, dass die ε-Kurven an dieser Grenze flacher verlaufen als die Isothermen, dass also auf ihnen bei Druckabnahme die Temperatur dort ansteigen muss.

Für die obere Grenze von φ ergeben dieselben beiden Gleichungen (28) und (30):

$$(32)\qquad \varphi = \infty:\quad \pi = 0,\ \frac{d\pi}{d\varphi} = 0.$$

Sämtliche ε-Kurven legen sich also asymptotisch an die φ-Achse an.

Nach Glchg. (28) sind nun die ε-Kurven für φ vom dritten Grade, sie müssen daher diese Achse noch zweimal schneiden, allerdings vielleicht in imaginären Punkten. Das φ dieser Schnittpunkte findet sich, nachdem in (28) $\pi = 0$ gesetzt worden ist, aus der quadratischen Gleichung $\varepsilon\varphi^2 = 3(\alpha-1)\varphi - \alpha$ zu:

$$(33)\qquad \varphi_{\prime} = \frac{3(\alpha-1)}{2\varepsilon}\left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{4\alpha\varepsilon}{9(\alpha-1)^2}}\right].$$

Diese Gleichung gibt für φ imaginäre Lösungen, so lange

$$\varepsilon > \frac{9(\alpha-1)^2}{4\alpha} = 1{,}931$$

bleibt. Alle Kurven für $\varepsilon > 1{,}931$ treffen also die horizontale Achse nur ein einziges Mal im Unendlichen. Die Kurve $\varepsilon = 1{,}931$ berührt sie ausserdem bei $\varphi = 3(\alpha-1)/2\varepsilon = 1{,}137$, und nur die tieferen

Kurven schneiden sie noch zweimal. Die reellen Lösungen für φ_0 bleiben dann beide so lange positiv, als noch $\varepsilon > 0$ ist, während für $\varepsilon < 0$ die eine von ihnen negativ wird. Dazwischen fällt für $\varepsilon = 0$ der eine dieser Schnittpunkte mit dem sonst schon im Unendlichen vorhandenen zusammen. Alle diese Schnittpunkte mit der horizontalen Achse gehören aber dem Gebiet des gesättigten Dampfes an und besitzen daher keine wirkliche Bedeutung. Es liegen bei den Kurven konstanter Erzeugungswärme in dieser Richtung ähnliche Verhältnisse vor, wie bei den Isothermen.

Mit $\varepsilon = -9$ beginnend, verlaufen nun die wirklich möglichen ε-Kurven für $\varphi > 1/3$ so, dass sie mit wachsendem φ sinken, bald die innere Grenzkurve schneiden und in diesem Schnittpunkt bis auf Weiteres ihre Geltung verlieren. Das geschieht auch noch mit der durch den kritischen Punkt gehenden Kurve, denn für $\varphi = \pi = 1$, also für $\varepsilon = -4{,}534$, folgt aus Glchg. (30) die Neigung der ε-Kurve zu:

$$\left(\frac{d\pi}{d\varphi}\right)_\varepsilon = -\frac{12}{2\alpha - 3} = -1{,}519 < 0.$$

In der Umgebung des kritischen Punktes verläuft nun die Grenzkurve durchaus stetig. Ebenso gehen auch die ε-Kurven vollkommen stetig ineinander über. Daher muss ausserhalb des kritischen Punktes eine Anzahl von ε-Kurven folgen, die, von hohen Pressungen sinkend, durch die äussere Grenzkurve in das Gebiet des gesättigten Dampfes eintreten. Um aber genauer nachweisen zu können, wie die Kurven weiter verlaufen, muss ich eine kurze Untersuchung über die Verhältnisse der gesättigten Dämpfe einschalten.

Bei der Bestimmung der zur Verdampfung nötigen Wärmemengen hat es sich ganz allgemein eingebürgert, wie bei Wasserdampf, von Flüssigkeit von 0° C ausgehen. Für Gase liegt aber diese Temperatur weit oberhalb der kritischen, so dass bei ihr eine tropfbar flüssige Phase gar nicht vorhanden ist. Auch ändert sich, wenn eine allgemeine Zustandsgleichung benutzt wird, auf der Isotherme für 0° C mit dem Druck sowohl die innere Arbeit, als auch die Erzeugungswärme und die Entropie, so dass sie als Ausgangspunkt ungeeignet erscheint. Diese Isotherme nimmt eben bei Gasen keinerlei Sonderstellung irgend welcher Art ein. Ich halte es daher für richtiger, von dem Ausgangspunkt bei Wasserdampf nicht die zufällige Eigenschaft auf andere Dampfarten zu übertragen, dass er zum Nullpunkt der Thermometerskala nach Celsius gewählt wurde, sondern die wesentliche beizubehalten, dass er den Gefrierpunkt der Flüssigkeit bildet. Die Erstarrung erfolgt unter den verschiedensten Pressungen bei so wenig verschiedenen Temperaturen und Volumen, dass diese beiden

Grössen, namentlich gegenüber ihrer bedeutenden Zunahme bei der Verdampfung, mit genügender Genauigkeit als konstant angesehen werden dürften. Mit dieser Annäherung besitzt der Körper eine Gefrierpunktsisotherme $T_g =$ const., auf der gleichzeitig das Volumen $\sigma_g =$ const. bleibt. Diese Linie wird daher eine vertikale Gerade, auf der dann auch die hier nötigen Grössen, nämlich die innere Arbeit U_g und die Erzeugungswärme $E_g = A(U_g + p\sigma_g)$ als je konstant angenommen werden dürfen.

Von diesem Zustand ausgehend müssen dem Körper, um ihn bei konstantem Druck p in einen gesättigten Dampf von der spezifischen Dampfmenge x zu verwandeln, folgende Wärmemengen zugeführt werden: zunächst bis zur inneren Grenzkurve mit dem Volumen σ die Flüssigkeitswärme q, die sich zusammensetzt aus der inneren Flüssigkeitswärme q_i und der äusseren $Ap(\sigma - \sigma_g)$, darauf zur teilweisen Aggregatzustandsänderung die Verdampfungswärme xr, bestehend aus der inneren $x\varrho$ und der äusseren $Apxu$. Der erzeugte Dampf enthält dann eine innere Arbeit vom Wärmewert $AU_g + q_i + x\varrho$, und es wurde bei seiner Entstehung vom Gefrierpunkt aus die äussere Arbeit $p(\sigma - \sigma_g + xu)$ verrichtet. Bei der Erzeugungswärme wird dagegen die äussere Arbeit von einem Volumen gleich Null aus gezählt, und es muss daher bei ihr noch die Arbeit $p\sigma_g$ hinzugefügt werden. Das gibt als Erzeugungswärme eines gesättigten Dampfes

$$E = AU_g + q_i + x\varrho + Ap(\sigma - \sigma_g + xu) + Ap\sigma_g,$$

oder, da $q_i + Ap(\sigma - \sigma_g) = q$ ist und $\varrho + Apu = r$, sowie mit E_g

$$E = E_g + q + xr.$$

Auf der äusseren Grenzkurve wird $x = 1$, daher

$$E_1 = E_g + q + r = E_g + \lambda,$$

wenn λ die Gesamtwärme bezeichnet. Die letzte Gleichung zeigt dann, dass sich auf der äusseren Grenzkurve die Erzeugungswärme wie die Gesamtwärme ändert.

Von den beiden Bestandteilen, aus denen sich λ zusammensetzt, wächst nun q mit wachsendem Druck, während r abnimmt, um im kritischen Punkt ganz zu verschwinden. Das hat zur Folge, dass λ für einen bestimmten Druck einen Grenzwert annimmt, der, wie die Dampftabellen für SO_2 und CO_2 zeigen, ein Maximum wird. Für CO_2 liegt dieses bei etwa $^1/_3 p_k$. Kleinere Werte von λ treten bis zu einer gewissen Grenze je zweimal auf, der eine bei höherem, der andere bei niedrigerem Druck.

So lange nun eine der vorhin behandelten ε-Kurven einer Erzeugungswärme entspricht, die grösser ist, als die des trockenen ge-

sättigten Dampfes beim Maximum von λ, so kann sie die äussere Grenzkurve überhaupt nicht treffen, sie bleibt vielmehr ganz im Gebiet des überhitzten Dampfes. Geht eine ε-Kurve durch den Punkt der Grenzkurve, in welchem λ seinen grössten Wert erreicht, so kann sie mit der Grenzkurve keinen zweiten Punkt gemein haben, sie muss sie also dort berühren. Die nächsten tiefer liegenden ε-Kurven schneiden dagegen die äussere Grenzkurve in zwei Punkten, sie treten oben in das gesättigte Gebiet ein und verlassen dieses in einem tieferen Punkt wieder. Zwischen diesen Punkten verliert aber die Gleichung der Kurve vorübergehend ihre Geltung; sie müsste dort durch die für gesättigte Dämpfe geltende Gleichung $q + xr =$ const. ersetzt werden.

Bis zu welchen Werten von ε das schliessliche Wiederaustreten in das überhitzte Gebiet andauert, lässt sich aus den bisherigen Entwickelungen und auf Grund der vorhandenen Dampftabellen nicht entscheiden. Nur so viel lässt sich feststellen, dass alle Kurven für $\varepsilon < 0$, wenn sie einmal in das gesättigte Gebiet eingetreten sind, in diesem bleiben müssen, da für alle diese Kurven nur einer der Werte von φ_0 aus Glchg. (33) positiv und endlich ausfällt. Daher können auf ihnen nur auf dem kleinen Gebiet von $\varphi = {}^1/_3$ bis zu diesem positiven φ_0 positive Werte von π auftreten, die aber auch nur bis zur inneren Grenzkurve wirkliche Geltung besitzen.

Für die Anwendung auf Maschinen zur Verflüssigung der Gase sollte noch der Verlauf der Temperatur auf den Kurven konstanter Erzeugungswärme in seiner Abhängigkeit vom Druck bekannt sein. Dazu stellt man die Kurven am besten in einem Koordinatensystem dar, in welchem die Werte von π als Abszissen, die von τ als Ordinaten benutzt werden. Da aber das Volumen aus den Formeln nicht eliminiert werden kann, so muss zu dieser Untersuchung von den beiden Gleichungen (26) und (28) ausgegangen werden, die dann die Doppelgleichung der Kurve in diesem τ-π-Koordinatensystem bilden, mit φ als Urvariabeler.

Um die Neigung der ε-Kurven in der Form $\tau = f(\pi)$ zu erhalten, muss man zunächst Glchg. (26) für $\varepsilon =$ const differenzieren. Das gibt:

$$\frac{d\tau}{d\varphi} = 3\,\frac{8\tau\varphi^2 - 6(3\varphi - 1)^2}{8[3(\alpha - 1)\varphi - \alpha](3\varphi - 1)\varphi^2}\,. \tag{34}$$

Dividiert man diese Gleichung durch Glchg. (30), so hebt sich links $d\varphi$ weg, rechts 3 und der Ausdruck $[3(\alpha - 1)\varphi - \alpha]\varphi^2$, und es bleibt:

$$\frac{d\tau}{d\pi} = -\frac{\varphi}{8}\cdot\frac{8\tau\varphi^2 - 6(3\varphi - 1)^2}{[(\alpha - 1)\pi\varphi^3 - 3(\alpha - 1)\varphi + 2\alpha](3\varphi - 1)} = f(\pi, \varphi, \tau). \tag{35}$$

Ersetzt man hier im Nenner π nach der Zustandsgleichung (20) durch τ und φ, so erhält man den Quotienten in der einfacheren Gestalt:

$$(36)\qquad \frac{d\tau}{d\pi} = -\frac{\varphi}{8}\cdot\frac{8\tau\varphi^2 - 6(3\varphi-1)^2}{8(\alpha+1)\tau\varphi^3 - 2\alpha(3\varphi-1)^2} = f(\tau,\varphi).$$

Zur Diskussion der ε-Kurven im τ-π-Diagramm muss man auch von φ ausgehen. An der unteren Grenze von $\varphi = {}^1/_3$ hatte sich nach Glchg. (31) $\pi = 3(9-\varepsilon)$ ergeben, während aus der Zustandsgleichung (20) und aus der letzten Glchg. (36) dafür folgt:

$$(37)\qquad \varphi = \frac{1}{3}:\quad \tau = 0,\quad \frac{d\tau}{d\pi} = -\frac{1}{8(\alpha+1)} = \text{const.}\,(\varepsilon).$$

Alle ε-Kurven beginnen hiernach in der π-Achse gegenseitig parallel. Dabei entspricht im Arbeitsdiagramm diese Grenze dem tropfbar flüssigen Zustand, der also im τ-π-Diagramm an die horizontale π-Achse zu liegen kommt. Glchg. (37) bestätigt dann das schon oben gefundene Ergebnis, dass bei Druckabnahme von dieser Grenze aus die Temperatur wächst.

An der anderen Grenze $\varphi = \infty$ war $\pi = 0$ gefunden worden. Dafür geben die Gleichungen (26) und (36):

$$(38)\qquad \varphi = \infty:\quad \tau = \frac{3\varepsilon}{8(\alpha+1)},\quad \frac{d\tau}{d\pi} = \frac{1}{8(\alpha+1)}\left(\frac{27}{4\tau} - 1\right).$$

oder, wenn in $d\tau/d\pi$ das τ aus der davorstehenden Gleichung durch ε ausgedrückt wird:

$$(38\text{a})\qquad \varphi = \infty:\quad \frac{d\tau}{d\pi} = \frac{9}{4\varepsilon} - \frac{1}{8(\alpha+1)}.$$

Diese Grenze entspricht dem gasförmigen Zustand, der also im τ-π-Diagramm von der τ-Achse ausgeht. Die letzten Gleichungen zeigen, dass für $\varepsilon < 0$ auch $\tau < 0$ wird. An dieser Grenze haben daher nur Kurven für $\varepsilon > 0$ wirkliche Bedeutung. Diese treffen aber die τ-Achse unter verschiedenen Neigungen, denn es wird für:

$$(39)\qquad \tau \gtrless \frac{27}{4}\ \text{ oder }\ \varepsilon \gtrless \frac{9}{4}\,8(\alpha+1) = 61{,}29:\ \frac{d\tau}{d\pi} \gtrless 0.$$

Die Kurven mit $\varepsilon < 61{,}29$ kommen hiernach an dieser Grenze mit $d\tau/d\pi > 0$ an, bei abnehmendem Druck sinkt daher die Temperatur ebenfalls. Auf den Kurven mit $\varepsilon > 61{,}29$ bleibt dagegen auch an dieser Grenze $d\tau/d\pi < 0$, wächst also die Temperatur bei Druckabnahme, wie an der anderen Grenze $\varphi = {}^1/_3$ mit $\tau = 0$. Ob aber solche Kurven im τ-π-Diagramm auf ihrer ganzen Länge zwischen den beiden Grenzen ununterbrochen mit $d\tau/d\pi < 0$ verlaufen, oder ob dieser Quotient Vorzeichenwechsel durchmacht, lässt sich aus den

bisherigen Entwickelungen nicht unmittelbar erkennen. Für die tieferen Kurven folgt dagegen sofort, dass sie mindestens einen Punkt besitzen müssen, in welchem die Zunahme der Temperatur in eine Abnahme übergeht, wo also eine **Inversion** auftritt.

In einem solchen Inversionspunkt ist $d\tau/d\pi = 0$. Da nun in Glchg. (36) der Nenner nicht allgemein unendlich gross werden kann, so kann $d\tau/d\pi$ nur dadurch verschwinden, dass der Zähler verschwindet. Daher folgt als Bedingung für das Auftreten einer Inversion:

$$8\tau\varphi^2 - 6(3\varphi - 1)^2 = 0. \tag{40}$$

Das ist die Gleichung einer ganz bestimmten Kurve, des geometrischen Ortes aller überhaupt möglichen Inversionspunkte. Aus ihr folgt zunächst unmittelbar:

$$\tau_i = \frac{3}{4}\left(3 - \frac{1}{\varphi}\right)^2. \tag{41}$$

und damit, wenn man diesen Wert in die Zustandsgleichung (20) einsetzt:

$$\pi_i = 9\,\frac{2\varphi - 1}{\varphi^2}. \tag{42}$$

(41) und (42) bilden die Doppelgleichung der Kurve im τ-π-Diagramm. Sie ist schon von Porter (a. o. O.) hergeleitet worden, wenn auch auf ganz anderem Wege. Da aber die Urvariabele φ in beiden Gleichungen nur im zweiten Grade auftritt, so kann man sie leicht eliminieren und erhält dadurch die Gleichung der Kurve in der Gestalt:

$$\pi_i = 12\sqrt{12\tau_i} - 12\tau_i - 27. \tag{43}$$

Auch Vogel hat (a. o. O.) diese Elimination schon vorgenommen; er stellt aber umgekehrt $\tau_i = f(\pi_i)$ dar, was ihn auf einen recht unbequemen Ausdruck geführt hat. (43) dürfte wohl die einfachste Gestalt sein, auf welche die Kurvengleichung gebracht werden kann. Vogel nennt die Kurve: „Nullkurve". Dieser Name ist aber schon früher von Weyrauch für eine ganz andere Kurve eingeführt worden, nämlich für den geometrischen Ort der Berührungspunkte von Adiabaten mit Kurven konstanter spezifischer Dampfmenge bei gesättigten Dämpfen. Ich möchte daher vorschlagen, die hier gefundene Kurve, als den geometrischen Ort der Inversionspunkte, die **Inversionskurve** zu nennen.

Aus den letzten Gleichungen ist die Grösse α verschwunden. Daher hängt die Gestalt der Inversionskurve nur von der Gestalt der Zustandsgleichung ab, dagegen bleibt es gleichgültig, ob die spezifische Wärme bei konstantem Volumen wirklich genügend genau

von der Temperatur unabhängig angenommen werden darf. Das geht allerdings noch deutlicher aus der von Porter gegebenen Entwickelung hervor.

Nach Glchg. (43) ist die Inversionskurve für die van der Waals'sche Zustandsgleichung eine Parabel mit geneigter Achse. Das negative Vorzeichen der Wurzel im ersten Glied würde einen Ast der Kurve ergeben, der ganz im Gebiet der negativen Werte der π liegt, der also keine wirkliche Bedeutung besitzt. Dieses Vorzeichen ist daher gleich weggelassen worden. Aber auch der andere Ast für das positive Vorzeichen der Wurzel gilt nicht auf seiner ganzen Länge. Denn da π immer positiv bleiben muss, so darf nach Glchg. (42) φ nicht kleiner werden als $1/2$. An dieser unteren Grenze selbst wird nach Glchg. (42) und (41).

$$\varphi = 1/2: \quad \pi_u = 0, \quad \tau_u = 3/4. \tag{44}$$

Nach oben zu kann dagegen φ beliebig wachsen, und es folgt daher als obere Grenze:

$$\varphi = \infty: \quad \pi_o = 0, \quad \tau_o = 27/4 = 9\tau_u. \tag{45}$$

Zwischen diesen Punkten bleibt π_i positiv, aber auch endlich. Daher muss es einen grössten Wert annehmen. Die zugehörigen Koordinaten ergeben sich aus Glchg. (42) und (41) oder (43) zu:

$$\varphi = 1, \quad \pi_m = 9, \quad \tau_m = 3. \tag{46}$$

Die Inversionskurve ist in Fig. 1 [1]) im τ-π-Diagramm als kräftig ausgezogene Linie ACB dargestellt, wobei Punkt A den Gleichungen (44), B den Gleichungen (45) und C den Gleichungen (46) entspricht. Hinzugefügt sind dann noch in dünneren Linien eine Anzahl von ε-Kurven. Um die Krümmung dieser Kurven leichter erkennbar zu machen, musste der Masstab für die τ doppelt so gross genommen werden, wie für die π.

Eine besondere Untersuchung erfordern die Verhältnisse, sobald sich das Gas zu verflüssigen beginnt, sobald es also in einen gesättigten Dampf übergegangen ist. Das Gebiet der gesättigten Dämpfe befindet sich in Fig. 1 in der linken unteren Ecke, vom Koordinatenanfangspunkt bis $\pi = \tau = 1$. Es nimmt aber einen zu kleinen Raum ein, um alles Nötige genügend deutlich darin einzeichnen zu können. Ich habe daher diesen Teil in Fig. 2 in grösserem Masstabe noch einmal dargestellt, dabei aber die τ und π gegenseitig gleich gross angenommen.

---

[1]) Die dieser Arbeit beigegebenen Figuren sind von meinem derzeitigen Assistenten, Herrn E. Häuser, berechnet und gezeichnet. Ich spreche ihm auch hier für seine Mitwirkung meinen besten Dank aus.

Ausserdem habe ich in einem Arbeitsdiagramm eine Anzahl von Isothermen $\tau =$ const. für $\tau < 1$ nach der van der Waals'schen Zustandsgleichung zeichnen und ihr welliges Stück durch eine Horizontale so ersetzen lassen, dass diese zwischen sich und den Wellen gleiche Flächen abschnitt. Diese Horizontale gibt dann den der Temperatur entsprechenden Sättigungsdruck, wie er angenommen werden muss, um mit der van der Waals'schen Gleichung im Einklang zu bleiben. Soweit der Zusammenhang zwischen Sättigungsdruck

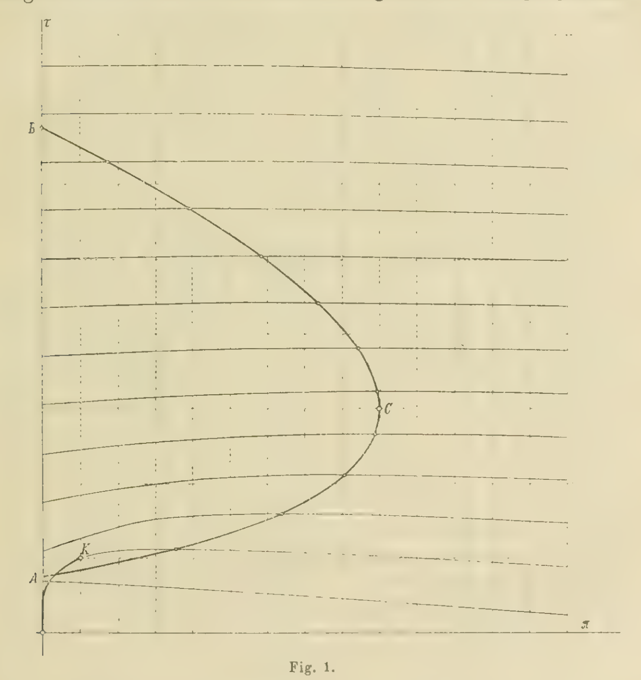


Fig. 1.

und zugehöriger Siedetemperatur für kleinere Werte von τ und π aus dieser Zeichnung nicht mehr gut bestimmt werden konnte, wurde er nach den verschiedenen Dampftabellen ergänzt und auf zeichnerischem Wege schätzungsweise ausgeglichen.

In den Figuren bezeichnet nun K den kritischen Punkt mit $\pi = 1$ und $\tau = 1$. Der Zusammenhang $\tau = f(\pi)$ für den gesättigten Dampfzustand ist dann dargestellt durch die kräftig gezeichnete von

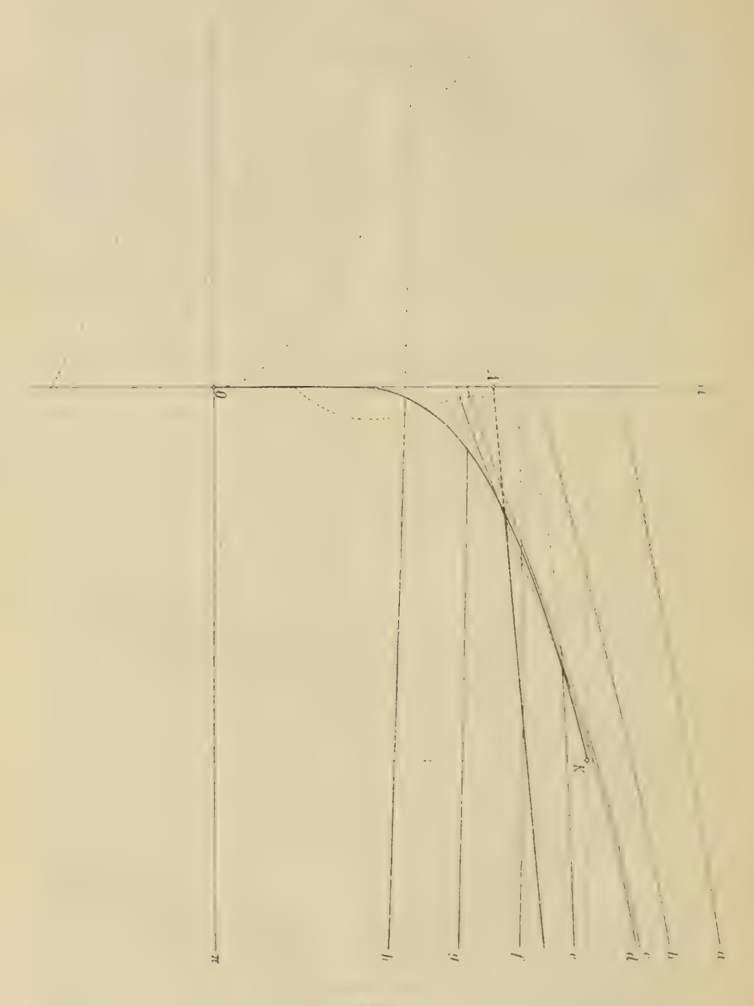


Fig. 2.

K nach links unten zu verlaufende „Sättigungslinie". Auf ihrer hohlen Seite, rechts unten, befindet sich das Gebiet der tropfbaren Flüssigkeit, auf der vollen, links oben, das Gebiet des überhitzten Dampfes und des Gases. Das ganze grosse Gebiet, das im Arbeitsdiagramm zwischen den beiden Grenzkurven zur Darstellung der gesättigten Dämpfe dient, schrumpft im τ-π-Diagramm auf die Sättigungslinie allein zusammen.

Die Figuren zeigen nun zunächst, dass die Inversionskurve die Sättigungslinie schneidet, aber nur ein einziges Mal. Sie tritt also dort in das Gebiet des gesättigten Dampfes ein, um weiter ganz darin zu bleiben. Auf diesem Gebiet gilt jedoch die van der Waals'sche Zustandsgleichung gar nicht mehr, ebensowenig alle aus ihr hergeleiteten Formeln. Infolgedessen verliert auch die Inversionskurve in diesem Schnittpunkt ihre Geltung. Sie ist daher zwischen der Sättigungslinie und der vertikalen τ-Achse nur noch gestrichelt angegeben.

Da eine Inversion nur auf der Inversionskurve auftreten kann, so müssen, wie es Fig. 1 auch zeigt, die ε-Kurven auf dem ganzen Gebiet ausserhalb der Inversionskurve überall mit $d\tau/d\pi < 0$ verlaufen, so dass eine Druckabnahme eine Erwärmung zur Folge hat. Innerhalb der Inversionskurve ist dagegen $d\tau/d\pi > 0$, ist also mit einer Druckabnahme eine Abkühlung verbunden. Bei den höchsten Kurven bleibt allerdings diese Abkühlung sehr klein. Mit Abnahme von ε wächst sie aber, und die Kurven schneiden die τ-Achse immer schleifender, was übrigens schon aus Glchg. (38) zu ersehen war. Auf diesen Gebieten besitzen auch die ε-Kurven auf ihrer ganzen Länge von $\pi = \infty$ bis $\pi = 0$ wirkliche Geltung.

Die Verhältnisse ändern sich jedoch sofort, sobald die ε-Kurven die Sättigungslinie treffen. Das geschieht zuerst in der Weise, dass eine der Kurven die Sättigungslinie von aussen her berührt, entsprechend der Berührung mit der äusseren Grenzkurve im Arbeitsdiagramm. In Fig. 2 wäre es eine Kurve wenig unterhalb der mit c bezeichneten. Die Berührung erfolgt aber sehr schleifend, und ich habe es daher der Deutlichkeit wegen vorgezogen, nicht die berührende Kurve selbst einzeichnen zu lassen. Bei den aus der van der Waals'schen Zustandsgleichung hergeleiteten ε-Kurven fällt allerdings der Berührungspunkt auf angenähert $\pi = 1/2$, aber nicht, wie bei Kohlensäure, auf etwa $\pi = 1/4$.

Unterhalb der berührenden Kurve folgt ein kleines Gebiet, auf welchem die ε-Kurven die Sättigungslinie zweimal schneiden, s. Fig. 2, Kurve d. Sie kommen von der Seite der überhitzten Dämpfe, bleiben ein kurzes Stück auf der inneren Seite der Sättigungslinie

und treten dann wieder auf deren äussere Seite, also in das Gebiet der überhitzten Dämpfe über. Das Stück zwischen den beiden Schnittpunkten gilt aber nicht, weil sich der Körper dort in Wirklichkeit im gesättigten Dampfzustand befindet. Der Zustandspunkt bleibt daher im τ-π-Diagramm auf dieser Strecke auf der Sättigungslinie. Der nicht geltende Teil dieser ε-Kurve ist nur gestrichelt eingezeichnet. Das Gleiche ist auch mit solchen nicht geltenden Teilen von später noch zu besprechenden Kurven geschehen. Der Gruppe der ε-Kurven mit zwei Schnittpunkten entspricht im Arbeitsdiagramm die Gruppe, welche dort die äussere Grenzkurve zweimal schneidet. Dieser Gruppe gehören auch die ε-Kurven an, auf denen sich gesättigte, aber doch genügend trockene Dämpfe nach dem Ausströmen aus einem Dampfkessel überhitzen. Die letzte Kurve dieser Gruppe ist die durch den kritischen Punkt K gehende. In Fig. 1 wäre es angenähert die zweitunterste Kurve, die der Deutlichkeit wegen nur bis unmittelbar rechts von Punkt K hingezeichnet ist.

Die nächsten, tiefer liegenden ε-Kurven kommen an der Sättigungslinie von deren innerer, der Flüssigkeitsseite her an. Sie winden sich in eigentümlicher Weise um diese Linie herum, schneiden sie dreimal und verlassen sie schliesslich auf deren voller, der Dampfseite. Kurve e in Fig. 2 zeigt eine solche Kurve, nur ist die Sättigungslinie an der Austrittsstelle schon so nahe an die τ-Achse herangerückt, dass das letzte Stück zwischen Sättigungslinie und τ-Achse nicht mehr erkannt werden kann. Bei diesen ε-Kurven hört das ganze Stück auf zu gelten, das zwischen ihren beiden äussersten Schnittpunkten mit der Sättigungslinie liegt. Dieses nicht geltende Stück tritt übrigens, sobald $\varepsilon < 1{,}931$ geworden ist, zwischen den beiden ersten Schnittpunkten teilweise in das Gebiet der negativen Werte von π über, und zwar so lange, als aus Glchg. (33) beide Werte von $\varphi_{,,}$ positiv ausfallen, so lange also, als noch $\varepsilon > 0$ bleibt. Im Arbeitsdiagramm würden diese Kurven durch die innere Grenzkurve in das gesättigte Gebiet eintreten und dieses durch die äussere Grenzkurve wieder verlassen.

Für die Kurve $\varepsilon = 0$, f in Fig. 2, ergibt Glchg. (33) einen der Werte von $\varphi_{,,}$ unendlich gross. Gleichzeitig folgt aus Glchg. (38) und (38a) für $\varphi = \infty$: $\pi = 0$, $\tau = 0$ und $d\tau/d\pi = \infty$. Man muss hieraus schliessen, dass für diese Kurve die beiden untersten Schnittpunkte mit der Sättigungslinie in einen einzigen zusammenfallen, der ausserdem in den Koordinatenanfangspunkt zu liegen kommt. Die Kurve verläuft, allerdings in dem nicht geltenden Teil, so, dass sie sich der τ-Achse von der Seite der negativen Werte der π her nähert und im Koordinatenanfangspunkt diese Achse und gleichzeitig die

Sättigungslinie berührt. Der Berührungspunkt selbst wäre noch ein isolierter geltender Punkt der Kurve.

Alle übrigen ε-Kurven für $\varepsilon < 0$, soweit sie überhaupt noch möglich sind, schneiden die Sättigungslinie nur noch einmal. Sie treten gleich darauf in das Gebiet der negativen Werte der π über, sinken dann in das Gebiet auch der negativen Werte der τ und treffen endlich für $\varphi = \varkappa$ die τ-Achse bei $\tau < 0$ mit $d\tau / d\pi < 0$. Die Kurven g und h in Fig. 2 zeigen zwei dieser Kurven, nur sind die Stücke für $\pi < 0$ nicht vollständig hingezeichnet. Alle diese Kurven gelten tatsächlich nur bis zu ihrem Schnitt mit der Sättigungslinie. Bei weiterer Druckabnahme bleibt der Körper bis zum absoluten Vakuum im gesättigten Dampfzustand, der Zustandspunkt im τ-π-Diagramm also auf der Sättigungslinie.

Die höheren Kurven der letzten Gruppe schneiden die Inversionskurve noch, treffen daher die Sättigungslinie mit $d\tau / d\pi > 0$, d. h. unter Abnahme der Temperatur. Sobald sie aber unterhalb des Schnittpunktes der Inversionskurve mit der Sättigungslinie vorbei gehen, kommen sie an dieser Linie mit $d\tau / d\pi < 0$ an, wie die Kurven g und h. Daher wächst auf ihnen bei Druckabnahme die Temperatur bis zum Schnitt mit der Sättigungslinie und nimmt erst nachher im gesättigten Zustand ab, so dass die Inversion dabei auf diesen Schnittpunkt fällt. Die Inversionskurve findet daher ihre Fortsetzung und ihr Ende in dem unteren Stück der Sättigungslinie. Im Arbeitsdiagramm wäre es das entsprechende Stück der inneren Grenzkurve.

Es zeigt sich also, dass der Verlauf der ε-Kurven im τ-π-Diagramm leichter zu übersehen geht, als im Arbeitsdiagramm. Das geschieht, weil die dort bis ins Unendliche reichenden Teile der äusseren Grenzkurve hier auf ein kleines Gebiet im Endlichen zusammengedrängt erscheinen.

Wie weit aber diese Entwickelungen nach unten zu überhaupt noch gelten, lässt sich in reduzierten Koordinaten nicht entscheiden. Mit stetig abnehmender Temperatur wird schliesslich einmal der Gefrierpunkt des Körpers erreicht. Dieser liegt für Wasser bei $T_g = 273$, während dessen kritische Temperatur $T_k = 638$ beträgt. Das gibt für den Gefrierpunkt $\tau_g = 0{,}43$. Für Kohlensäure gelten dagegen die Werte $T_g = 216$ und $T_k = 304$, so dass $\tau_g = 0{,}71$ wird. Aus der grossen Verschiedenheit dieser beiden Werte von τ_g muss man schliessen, dass der Gefrierpunkt dem Gesetz der korrespondierenden Zustände nicht mehr folgt. Daher gehen über ihn auch keine allgemeinen Rechnungen mehr durchzuführen, es müsste vielmehr jeder Körper besonders untersucht werden.

Für die Anwendungen auf Verflüssigung der Gase nach Linde lassen sich aus den vorstehenden Entwickelungen folgende Schlüsse ziehen:

Eine Abkühlung kann überhaupt nur erreicht werden, wenn die Ausgangstemperatur in dem von der Inversionskurve eingeschlossenen Gebiet liegt. Nun hat z. B. die atmosphärische Luft eine kritische Temperatur $T = 133$, während die Zimmertemperatur $T = 288$ beträgt. Das gibt als zugehörigen Wert $\tau = 2{,}17$. Da dieser Wert der obigen Bedingung genügt, so kann Luft von der Zimmertemperatur aus abgekühlt und schliesslich verflüssigt werden. Dagegen hat z. B. Wasserstoffgas $T = 32{,}2$, so dass für dieses Gas τ auf fast 9 ansteigt. Da nun der höchste Punkt der Inversionskurve bei nur $\tau_i = 2{,}74$ liegt, so folgt, dass Wasserstoffgas von Zimmertemperatur aus nicht zu verflüssigen geht, dass es vielmehr dazu vorher durch z. B. verdampfende flüssige Luft auf eine genügend niedrige Temperatur $\tau < 2{,}74$ vorgekühlt werden muss, wie es auch gemacht worden ist.

Auf jeder überhaupt verwendbaren ε-Kurve tritt eine bestimmte Temperatur je bei zwei verschiedenen Pressungen auf, von denen die eine, kleinere im Abkühlungsgebiet liegt, die andere, grössere ausserhalb der Inversionskurve. Dabei wäre die angenommene Temperatur nach der ersten der eingangs erwähnten Erklärungen die Inversionstemperatur zwischen diesen beiden Pressungen. Von welcher dieser Pressungen man ausgeht, ist für die erreichbare Abkühlung gleichgültig. Dagegen stellt sich der Betrieb wirtschaftlicher, wenn man das Gas nur bis zur niedrigeren Pressung verdichtet. Man sollte also mit dem Kompressionsdruck in dem von der Inversionskurve umschlossenen Gebiet bleiben.

Eine gewisse Bedeutung besitzt auch die Frage nach der Zeit, die vom Ingangsetzen der Maschine bis zum Beginn der Verflüssigung erforderlich ist. Diese Zeit würde am kürzesten ausfallen, wenn man immer auf der Inversionskurve beginnen würde, weil man dann bis zum tiefsten für den ganzen Prozess angenommenen Druck die grösste überhaupt mögliche Abkühlung erhielte. Dazu müsste aber der Anfangsdruck entsprechend der fortschreitenden Abnahme der Anfangstemperatur vor der Drosselstelle stetig mitgeändert werden. So geht jedoch der Betrieb nicht zu leiten, der höchste Druck muss vielmehr angenähert konstant gehalten werden. Und da der Ausgangspunkt gleichzeitig innerhalb der Inversionskurve bleiben sollte, so wird der höchste Druck etwa dem gleich genommen werden können, bei welchem die tiefste noch benutzte ε-Kurve die Inversionskurve schneidet. Welche Kurve das ist, hängt von der Annahme über den tiefsten Druck ab.

Dieser tiefste Druck muss natürlich kleiner gewählt werden als der kritische Druck, damit überhaupt eine Verflüssigung eintreten kann. Es darf aber auch nicht zu viel kondensieren, da das abgekühlte, unter dem niedrigen Druck zurückströmende Gas im Beharrungszustand der Maschine die Aufgabe hat, das unter dem hohen Druck zuströmende Gas von der Temperatur der Umgebung auf die nötige niedrige Temperatur vor der Drosselstelle zu bringen und gleichzeitig die eingestrahlte Wärme abzuleiten. Welcher Teil zu diesem Zwecke nicht verflüssigt werden darf, geht jetzt noch nicht mit Sicherheit zu berechnen, weil der Verlauf der spezifischen Wärme bei konstantem Druck auf diesem Gebiet noch nicht genügend bekannt ist.

Um noch zeigen zu können, wie sich die spezifische Dampfmenge auf Kurven konstanter Erzeugungswärme im gesättigten Gebiet ändert, habe ich untenstehende Tabelle für Kohlensäure berechnet.

t	r	λ	Werte von x für $q + xr =$									
			55	45	35	34	32,91	32	31	30	20	10
+31,[illegible]	1	1	D	D	D	D	[illegible]	F	F	F	F	F
+31	0,999	0,992	D	D	[illegible]	[illegible]	0,505	0,397	0,277	0,158	F	F
+30	0,996	0,971	D	D	0,650	[illegible]	0,511	0,450	0,383	0,317	F	F
+25	0,979	0,869	D	0,916	0,601	0,567	0,529	0,498	0,463	0,429	0,084	F
+20	0,963	0,772	D	0,871	0,601	0,574	[illegible]	0,519	0,492	0,465	0,194	F
+15	0,946	0,685	D	0,839	0,606	[illegible]	[illegible]	0,535	0,513	0,489	0,256	0,023
+10	0,930	[illegible]	D	0,823	0,614	[illegible]	0,570	[illegible]	0,530	0,509	0,299	0,090
+5	0,913	[illegible]	D	0,815	0,622	0,603	0,582	0,561	0,545	0,526	0,333	0,110
0	0,897	0,470	0,992	0,812	0,631	[illegible]	0,594	0,577	0,559	0,541	0,361	0,180
−5	0,881	0,412	0,982	0,811	0,641	0,624	0,605	0,590	0,578	[illegible]	[illegible]	[illegible]
−10	0,864	0,360	0,976	0,813	[illegible]	0,634	0,617	[illegible]	0,586	[illegible]	0,407	[illegible]
−15	0,848	[illegible]	[illegible]	0,817	0,661	0,645	0,628	0,614	0,598	[illegible]	0,427	0,270
−20	0,831	0,270	0,973	0,822	0,671	0,656	0,640	0,626	0,611	0,596	0,445	0,295
−25	0,815	0,232	0,974	0,828	0,682	0,667	0,652	0,636	0,624	0,609	[illegible]	0,317
−30	0,798	[illegible]	0,977	0,835	0,693	0,679	0,663	[illegible]	0,636	[illegible]	[illegible]	[illegible]

den einzigen Körper, für den die zu einer solchen Rechnung nötigen Grössen zur Verfügung stehen. Die gefundenen Zahlenwerte werden allerdings nicht ohne weiteres auf andere Körper übertragen werden dürfen, dagegen dürfte doch wohl der wesentliche Verlauf überall der gleiche sein. Die Tabelle gibt in der ersten Spalte die Temperaturen nach Celsius, in den beiden folgenden die zugehörigen Werte von r und λ. Die übrigen Spalten enthalten die Werte der spezifischen Dampfmenge x für einige Kurven $q + xr$ = const., deren Konstante sich in der zweiten Zeile angegeben findet. Wo ein D steht, befindet

sich der Körper im Zustand des überhitzten Dampfes ausserhalb der äusseren Grenzkurve, während F dem tropfbar flüssigen Zustand innerhalb der inneren Grenzkurve angehört. Unter dem letzten D einer Spalte beginnt die Verflüssigung mit $x = 1$, unter dem letzten F die Verdampfung mit $x = 0$. $q + xr = 32{,}91$ entspricht der durch den kritischen Punkt gehenden Kurve. In diesem Punkt selbst ergibt die Formel für x den unbestimmten Wert 0/0. Aus dem Verlauf der Zahlen in der zugehörigen Spalte folgt aber, dass im kritischen Punkt $x_k = 0{,}5$ gesetzt werden muss.

Die Tabelle zeigt nun, dass auf all den ε-Kurven, welche die äussere Grenzkurve zweimal schneiden, der auf ihnen auftretende kleinste Wert von x umso kleiner wird und auf eine umso höhere Pressung fällt, je näher die Kurve an den kritischen Punkt heranrückt. Auf allen diesen Kurven bleibt aber $x > 0{,}5$. Wenn dagegen die Kurven unter dem kritischen Punkt vorbeigehen, so tritt der Körper durch die innere Grenzkurve, also mit $x = 0$, d. i. als tropfbare Flüssigkeit in das gesättigte Gebiet und fängt dort an zu verdampfen. Bei den höchsten dieser Kurven erfolgt die Verdampfung anfänglich sehr rasch, bei den tieferen immer langsamer. Die Tabelle reicht aber nicht weit genug, um feststellen zu können, ob die Zunahme von x bei sinkendem Druck ununterbrochen anhält, und wo und ob überhaupt die äussere Grenzkurve getroffen wird.

Weiterhin ist aus der Tabelle ersichtlich, dass jeder gewünschte Wert von x erreicht werden kann, wenn nur die ε-Kurve und auf ihr der Druck gegenseitig richtig gewählt werden. Und zwar geht jedes x auf verschiedene Weise zu erreichen. Auch wenn man den Druck wählt, kann man immer eine ε-Kurve finden, aber nur je eine einzige, auf welcher x dabei den gewünschten Wert annimmt. Hieraus lassen sich also keine Regeln für die Wahl des unteren Druckes herleiten. Das müsste vielmehr mit Rücksicht auf die Arbeitsverhältnisse geschehen. Da ich hier aber keine eingehendere Theorie der Gasverflüssigung zu entwickeln beabsichtige, so verweise ich in dieser Richtung auf die einschlagenden Untersuchungen von Zeuner und von H. Lorenz.

Dagegen möchte ich noch einige allgemeinere Bemerkungen anschliessen.

Die anfänglich allein beobachtete Abkühlung der Gase nach dem Ausströmen hat man als Folge einer merkbaren Anziehung zwischen den Molekeln angesehen. Diese Erklärung ist auch durchaus richtig, nur reicht sie nicht aus, da nicht umgekehrt aus der anderweitig gefundenen Erwärmung auf eine Abstossung geschlossen werden darf.

Tatsächlich liegen verwickeltere Verhältnisse vor. Die Differentiation von Glchg. (15) für $E =$ const. ergibt nämlich:

$$0 = c_v \, dT - Aa \frac{dv}{v^2} + Ad\,(pv). \tag{47}$$

Hierin bedeuten die einzelnen Glieder auf der rechten Seite die Änderung folgender Grössen: $c_v dT$ der kinetischen, $Aadv/v^2$ der potentiellen Energie der Molekeln, $Ad(pv)$ des Wärmewertes der beim Strömen auftretenden Verdrängungsarbeit pv. Nun zeigt eine Zahlenrechnung, dass auf den Kurven konstanter Erzeugungswärme das Produkt pv gleichzeitig mit dem Druck p abnimmt. Ausserhalb der Inversionskurve erfolgt diese Abnahme sehr rasch, so dass aus dem Überschuss der Verdrängungsarbeit am Anfang über die am Ende nicht nur die potentielle, sondern auch die kinetische Energie vergrössert werden kann. Im Inversionspunkt genügt $d(pv)$ gerade genau, um die Anziehungskraft der Molekeln zu überwinden, daher ändert sich dort die Temperatur vorübergehend nicht. Innerhalb der Inversionskurve wird dagegen $Ad(pv)$ kleiner als die Zunahme der potentiellen Energie. Dann muss die kinetische Energie das Fehlende ersetzen, was eine Abkühlung zur Folge hat.

Es soll noch, soweit das überhaupt möglich ist, geprüft werden, wie sich die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen gegenüber Beobachtungen stellen.

Bei seinen eingangs schon erwähnten Versuchen hat Olszewski Gase, Luft und Stickstoff, aus einem Raum mit verschiedenen höheren Pressungen in einen anderen Raum strömen lassen, in welchem Atmosphärendruck herrschte. Für jede der höheren Pressungen hat er die Temperatur aufgesucht, von der er ausgehen musste, um aussen weder Abkühlung noch Erwärmung zu erhalten. Das war seine Inversionstemperatur. Nun lagen seine Ausgangswerte für π zwischen rund 4 und 0,5, wofür τ anfänglich ganz langsam, nachher immer rascher von rund 4 auf 3 sank. Diese Ausgangspunkte fallen nun sämtlich mitten in das von der Inversionskurve umschlossene Gebiet hinein, so dass eigentlich eine Abkühlung hätte erwartet werden sollen. Auch Dickson findet (a. o. O.) gegenüber seinen Rechnungen den gleichen Widerspruch. Er gibt als Ursache an, dass Olszewski die Gase nicht durch einen Wattepfropfen ganz langsam überströmen liess, sondern dass er die beiden Räume durch eine mit einer Öffnung versehene Zwischenwand getrennt hatte. Durch diese Öffnung mussten die Gase mit grosser Geschwindigkeit strömen, angenähert der Schallgeschwindigkeit, wobei ihre Temperatur ziemlich tief sank. Bei den höchsten benutzten Temperaturen hat die vorübergehende Abkühlung

etwa 90° C. betragen, bei den tiefsten noch fast 70°. Daher hat das Gas während der Bewegung jedenfalls von der Umgebung Wärme aufgenommen. Dann ist aber der Vorgang gar nicht mehr adiabatisch verlaufen, so dass sich aus diesen Versuchen keine Schlüsse ziehen lassen.

Vogel dagegen findet a. o. O., dass in der von Rankine aufgestellten Formel für die Joule-Thomsonsche Abkühlung, nämlich:

$$\frac{dT}{dp} = \beta \left(\frac{273}{T}\right)^2 \tag{48}$$

der Koeffizient β für Luft nicht, wie bisher angenommen wurde, konstant gesetzt werden darf, sondern dass er für eine Anfangstemperatur von 12° C. den Wert

$$\beta = 0{,}280 - 0{,}000\,932\, p \quad (p \text{ in kg/cm}^2) \tag{49}$$

annimmt. Mit diesem Wert für β würde dT/dp bei rund $p = 300$ kg/cm² verschwinden. Auf reduzierte Koordinaten umgerechnet gäbe das $\tau = 2{,}14$ und $\pi = 7{,}67$, während für dieses τ aus Glchg. (43) $\pi = 8$ folgt. Das ist zwar keine volle Übereinstimmung, aber noch weniger ein Widerspruch, namentlich, wenn berücksichtigt wird, dass die van der Waals'sche Gleichung nur angenähert richtig ist und dass Vogel zur Berechnung des Inversionspunktes seine unmittelbaren Versuchsergebnisse stark extrapolieren musste.

Die empirische Formel (49) für β entspricht übrigens der Annahme, dass die ε-Kurven im τ-π-Diagramm auf dem Gebiet der Abkühlung genügend genau als Parabeln mit vertikaler Achse und mit dem Scheitel in der Inversionskurve angenommen werden dürfen. Und das ist wohl auch, dem Aussehen nach zu urteilen, bei den meisten dieser Kurven wirklich zulässig. Nur unmittelbar oberhalb des kritischen Punktes nehmen sie in dessen Nähe, wie Fig. 1 zeigt, stärkere Krümmungen an. Ausserdem lassen die Kurven a und namentlich b in Fig. 2 erkennen, dass auf ihnen bei kleineren Werten von π ein Wendepunkt auftritt. Für solche Kurven kann eine Parabel keine befriedigende Annäherung mehr ergeben. Aber auch bei den höher gelegenen Kurven, bei denen die Parabel brauchbar sein kann, müssten die Konstanten in dem Ausdruck für β jedenfalls vom Ausgangszustand abhängig gesetzt werden.

Aus Glchg. (48) für dT/dp hat Linde für die spezifische Wärme der Gase bei konstantem Druck die Formel

$$c_p = c_0 \left(1 - \frac{3\gamma p}{T^3}\right)^{-\frac{2}{3}} \tag{50}$$

hergeleitet, die auch schon in die Lehrbücher über Thermodynamik Eingang gefunden hat. c_0 und γ bedeuten darin Konstanten. Glchg. (48) besitzt aber nur beschränkte Gültigkeit, und daher muss das nämliche mit Glchg. (50) der Fall sein. Das lässt sich auch in der Tat leicht nachweisen. Wenn nämlich Glchg. (50) überhaupt brauchbar sein soll, so muss sie im kritischen Punkt $c_{pk} = \infty$ ergeben, und damit das geschieht, muss

$$\gamma = \frac{T_k}{3 p_k} \tag{51}$$

genommen werden. Setzt man diesen Wert in Glchg. (50) ein, und geht man dann zu reduzierten Koordinaten über, so erhält man für c_p den einfacheren Ausdruck:

$$c_p = c_0 \left(1 - \frac{\pi}{\tau^3}\right)^{-\frac{2}{3}}. \tag{52}$$

Das ist aber ein Ausdruck, der nicht nur für den kritischen Punkt mit $\pi = \tau = 1$: $c_{pk} = \infty$ ergibt, sondern auch für alle Punkte, die im τ-π-Diagramm auf der kubischen Parabel

$$\pi = \tau^3 \tag{53}$$

liegen. Für π und τ gleichzeitig kleiner als die Einheit fallen die Punkte dieser Parabel allerdings in das Gebiet der gesättigten Dämpfe, haben also keine wirkliche Bedeutung. Dagegen erstreckt sich der Teil der Kurve für π und τ grösser als die Einheit vom kritischen Punkt aus, langsam steigend, im Gebiet der überhitzten Dämpfe und der Gase bis ins Unendliche. Nach allen unter sich vollkommen übereinstimmenden Versuchen verlaufen aber die Isothermen auf der ganzen Ausdehnung dieses Gebietes mit $dp/dv < 0$. Die Kurven konstanten Druckes schneiden daher überall die Isothermen, so dass dort Werte von $c_p = \infty$ gar nicht vorkommen können. Unendlich gross wird c_p nur im Gebiet der gesättigten Dämpfe, mit Einschluss der inneren Seiten der beiden Grenzkurven und des kritischen Punktes als Grenzen.

Bei Untersuchungen über Linde's Maschinen zur Verflüssigung der Gase muss man nun die Wärmeabgabe für das unter höherem Druck zuströmende Gas auf einem Gebiet berechnen, durch welches der geltende Teil der kubischen Parabel aus Glchg. (53) mitten hindurch geht. Benutzt man dabei c_p nach Glchg. (52), integriert man also über unendlich grosse Werte von c_p an Stellen, an denen es unbedingt endlich bleiben muss, so können die Rechnungsergebnisse keinen Anspruch auf Zuverlässigkeit erheben. Bis einmal weitere

Versuche durchgeführt sind und genauere Formeln zur Verfügung stehen, dürfte es besser sein, nach einer der Gleichungen (9), oder nach einer ähnlich entwickelten, für die benutzte Pressung einige Werte von c_p zu berechnen, diese zeichnerisch über T aufzutragen und dann den Wärmeaustausch durch Planimetrieren zu bestimmen.

Anmerkung. Das Manuskript befand sich schon in der Druckerei, als ich in den „Beiblättern“, Bd. 34, S. 242, 1910, die Angaben fand, dass auch J. P. Dalton „Untersuchungen über den Joule-Kelvin-Effekt“ angestellt hatte. Die Originalveröffentlichung befindet sich in den Verslagen v. d. K. Akademie van weetensch., Amsterdam, sie ist aber in keiner der hiesigen Bibliotheken vorhanden. Dalton komme auch zu dem Schluss, dass das Ausströmen bei den Versuchen von Olszewski nicht adiabatisch erfolgt sei.

Erdmagnetische Messungen in Zürich zur Zeit der Erdnähe des Halley'schen Kometen im Mai 1910.

Von

S. Guggenheim und E. Beck.

Seitdem im September vorigen Jahres durch die Heidelberger Sternwarte der Halley'sche Komet zum erstenmal wieder beobachtet worden ist, haben die Gelehrten diesem Himmelskörper ihre ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Man glaubte die verschiedensten Einflüsse des Kometen auf die Erde voraussagen zu können. Eine kritische Betrachtung der Verhältnisse konnte indessen bloss Einflüsse elektrischer oder magnetischer Art als wahrscheinlich voraussehen.

Es lag die Vermutung nahe, dass zur Zeit des Durchgangs des Kometen vor der Sonnenscheibe, in der Nacht vom 18. auf den 19. Mai 1910, Schwankungen im Erdmagnetismus auftreten würden, die auf Einwirkungen des Kometen zurückzuführen wären. Da sich nun solche Schwankungen im allgemeinen am stärksten in der Deklination bemerkbar machen, so war es von besonderem Interesse, die letztere Grösse während der kritischen Zeit zu beobachten. Um aber auch eventuelle unerhebliche Schwankungen, die mit dieser Erscheinung zusammenhängen könnten, mit Sicherheit zu konstatieren, war es geboten, schon einige Tage vor der kritischen Nacht und dann wieder einige Zeit nach derselben die Deklination regelmässig zu beobachten.

Die vorliegenden Messungen wurden im Eidgen. physikalischen Institut in Zürich (Vorstand Prof. Dr. H. F. Weber) ausgeführt.

Zunächst haben wir vom 17. Mai 6^h p. m. bis zum 22. Mai 6^h a. m. ununterbrochen den Stand der Magnetnadel registriert. Die Registrierung erfolgte auf photographischem Wege, indem wir uns die folgende Messeinrichtung zusammenstellten.

Zur Aufnahme der Deklinationsschwankungen diente ein gewöhnliches mit Kupferdämpfung und einem Hohlspiegel von 4 m Brennweite versehenes Wiedemannsches Galvanometer, das in einem

vollständig verdunkelten Zimmer aufgestellt war. Alle grösseren Eisenmassen waren aus demselben entfernt worden, und es wurde streng darauf geachtet, dass keine sonstigen Eisenmassen während der Messzeit in der Nähe des Galvanometers bewegt wurden. Als Lichtquelle diente eine nur einen geradlinigen Faden enthaltende Glühlampe, die so unter einen lichtdichten Hut aus Karton gesetzt war, dass der Faden vertikal zu stehen kam. Über dem Hut befand sich eine Registriertrommel von 40 cm Umfang und 21 cm Länge, die sich in 24 Stunden einmal um ihre horizontal gestellte Axe drehte. Fiel nun das Licht der Glühlampe durch eine im Kartonhut befindliche Öffnung auf den kleinen Hohlspiegel am Galvanometer, so entstand auf der Trommel ein Bild des vertikalen Lichtfadens, das durch richtige Wahl der Entfernungen (Distanz Lichtquelle-Galvanometer = 2 m) sehr scharf eingestellt werden konnte. Um die Registriertrommel wurde hochempfindliches Bromsilberpapier gelegt und die Trommel noch von einem geschwärzten Zinkzylinder umgeben, der einen über die ganze Trommellänge verlaufenden horizontalen Schlitz von 1 mm Breite aufwies. Durch den Schlitz des Zylinders wurde das Bild des Lichtfadens auf 1 mm Länge reduziert; im übrigen hielt der Zylinder allfällige störende Lichteindrücke vom Bromsilberpapier fern.

So lange der Magnet in vollständiger Ruhe blieb, erzeugte der Lichtfaden auf dem am Schlitz vorbeiziehenden Papier eine gerade Linie. Diese ging in einen krummen Linienzug über, sobald der Magnet seine Ruhelage änderte.

Der Bromsilberpapier-Streifen wurde alle 24 Stunden erneuert, und auf diese Art erhielt man 5 Kurven, die sich über je 24 Stunden (= 36 cm auf dem Papier) erstrecken. Diese Kurven sind nun in nebenstehendem Diagramm so zusammengestellt, dass die gleichen Stunden der 5 Tage übereinander zu liegen kommen. (Fig. 1, photogr. Reproduktion der Originalkurven.)

Wie man aus dem Diagramm ersieht, sind die Deklinationsschwankungen tagsüber grösser als nachts, doch an allen Beobachtungstagen in gleicher Art verlaufend. Ausserdem kommen am Tage öfters Sprünge vor, die nur eine Folge äusserer Einflüsse auf den Magneten sein können. Es befanden sich nämlich in nicht sehr grosser Entfernung vom Beobachtungsraum einige Elektromotoren sowie ein grosser Elektromagnet, mit denen tagsüber gearbeitet wurde. Ausserdem fährt in zirka 250 m Entfernung am Gebäude des physikalischen Instituts die elektrische Strassenbahn vorbei, deren Betrieb von morgens 6 Uhr bis nachts $11^{1}/_{2}$ Uhr dauert. Man wird also die Beobachtungen der kritischen Nacht bloss mit denjenigen der vorausgehenden und darauf folgenden Nächte vergleichen dürfen, und da zeigt

Deklinations-Schwankungen.
17.—22. Mai 1910.

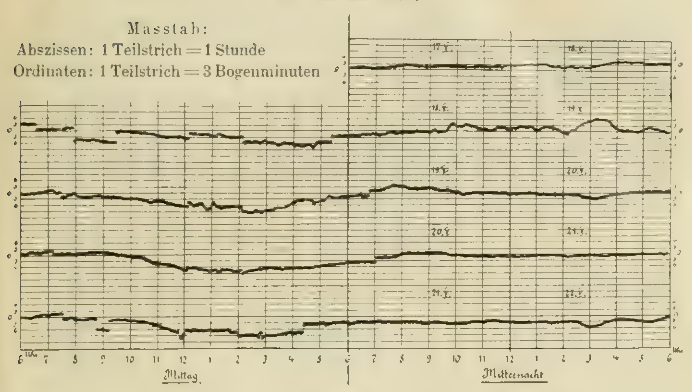


Fig. 1.

sich nun zunächst, dass die Schwankungen in der kritischen Nacht im allgemeinen etwas grösser und unregelmässiger sind. Ferner weist die Kurve für die Zeit von 2^h bis 4^h nachts eine Ausbiegung auf, wie sie sonst nachts nie beobachtet wurde und die einer Deklinations-Änderung um zirka 6 Bogenminuten entspricht. Obwohl nun diese grössere Schwankung in die Zeit unmittelbar vor der Konjunktion des Kometen mit der Sonne ($4^h_{22}-5^h_{22}$) fällt, so lässt sich doch nicht behaupten, dass die Schwankung unbedingt mit der Konjunktion in Zusammenhang stehen müsse. Wenigstens ist uns keine Hypothese bekannt, die einen Einfluss speziell vor der Konjunktion einwandfrei erklären würde. Ausserdem ist die Ausbiegung der Kurve so gering, dass von einer eigentlichen Störung nicht die Rede sein kann.

Interessant ist indessen der Bericht, dass Herr Dr. Wigand am physikalischen Institut der Universität Halle bei seinen zu gleicher Zeit vorgenommenen Deklinationsmessungen mit den unsrigen ganz übereinstimmende Resultate gefunden haben soll; nämlich, wie in unsrem Falle, eine östliche Deklinationsänderung von mehreren Bogenminuten in der Zeit von 2^h—5^h a. m. des 19. Mai. Die Veröffentlichungen ähnlicher an anderen Orten ausgeführter Messungen werden in dieser Angelegenheit vielleicht noch näheren Aufschluss geben.

Neben den Deklinationsschwankungen wurden auch diejenigen der Inklination an einem eigens für diesen Zweck konstruierten Inklinatorium beobachtet.

Dieses Inklinatorium bestand aus einer $^1/_2$ m langen Stahlnadel. Die durch ihren Schwerpunkt gehende Horizontalaxe lief in Nadelspitzen aus, die in trichterförmigen, in Glasstäbchen eingelassenen Vertiefungen spielten. Die Ablesung geschah mit Fernrohr und vertikal gestellter Skala nach Poggendorffs Methode. Gegen Luftströmungen war das Inklinatorium durch einen Hut aus Karton geschützt.

Die in gleichen Zeitintervallen erfolgten Ablesungen ergaben für die Stunden von $10^1/_2{}^h$ abends bis 9^h morgens der Nacht vom 18. auf den 19. Mai die nebenstehende Kurve für die Schwankungen, wobei ein Teilstrich zwei Bogenminuten darstellt. (Fig. 2.)

Inklinations-Schwankungen.

18. auf 19. Mai 1910.

Masstab:

Abszissen: 1 Teilstrich = 1 Stunde. Ordinaten: 1 Teilstrich = 2 Bogenminuten.

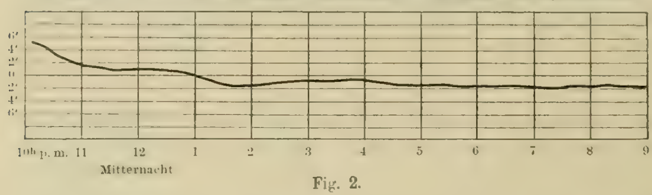


Fig. 2.

Man ersieht aus der Kurve, dass die Inklination in der Zeit von $10^1/_2{}^h$ bis 2^h fortwährend abnimmt und zwar im ganzen um etwas mehr als 5 Bogenminuten, dass sie sich aber von da an — auch während der kritischen Zeit (4^h—5^h) — fast ganz konstant verhält.

Endlich wurde noch die Horizontal-Komponente der erdmagnetischen Kraft während der Stunden von 11^h abends bis 5^h morgens vom 18. auf den 19. Mai gemessen, indem ein konstant gehaltener Gleichstrom durch eine grosse Tangentenboussole geschickt und der jeweilige Ausschlag in gleichen Zeitintervallen abgelesen wurde. In der Zeit von 11^h bis 2^h konnte bloss eine Zunahme von $2^0/_{00}$ im Werte der Horizontal-Komponente konstatiert werden, und diese lässt sich leicht erklären aus der während dieser Zeit beobachteten Abnahme der Inklination, indem — unter der Voraussetzung, dass die resultierende magnetische Kraft konstant bleibe — einer Änderung der Inklination um 3 Bogenminuten eine solche von $2^0/_{00}$ im Werte der Horizontal-Komponente entspricht. Während der kritischen Zeit blieb die Grösse der Horizontal-Komponente absolut konstant.

Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich. (XLIX.)

1.

Beiträge zur Kenntnis der afrikanischen Flora. (XXIII.)

(Neue Folge.)

Herausgegeben von HANS SCHINZ (Zürich).

Mit Beiträgen von

Prof. Dr. **E. Hackel** (Attersee). Dr. **B. P. G. Hochreutiner** (Genf).
Prof. Dr. **A. Cogniaux** (Nivelles). Prof. Dr. **Hans Schinz** (Zürich).

Gramineae.

E. Hackel (Attersee).

Pennisetum (Gymnothrix) ***brachystachyum*** *Hack. nov. spec.*

Perenne? (Partes inferiores desunt.) Culmus ramosus, teres, glaberrimus. Rami floriferi plerumque bini, 20—30 cm longi graciles teretes glaberrimi plurinodes, basi incrassati, superne longe nudi. Vaginae ramorum internodiis breviores, teretiusculae, subcarinatae, laxiusculae v. interdum ab internodiis solutae, glaberrimae. Ligula margo membranaceus angustissimus ciliolatus. Laminae e basi aequilata ad latera subplicata lineares, tenuiter acuminatae, 6—10 cm (summa 1,5 cm) longae, circ. 3 mm latae, planae, glauco-virides, glabrae, subtus laeves, superne scaberulae, nervis crassiusculis percursae. Panicula spiciformis brevis (1,5—2 cm longa) ovali-oblonga (0,7—1 cm lata) densissima, rhachi glabra; spiculae solitariae sessiles densissime imbricatae, involucro multiseto fultae, setis inaequalibus pallidis scabris, extimis spicula duplo minoribus, interioribus ea paullo — sesquilongioribus, late lanceolatae, acuminatae, 3,5—4 mm longae, glaberrimae. Gluma I. spiculam dimidiam subaequans, late ovata, acuta, 1-nervis; II. spicula paullo brevior, late ovata, breviter acuminata, minute mucronulata, 5-nervis; III. spiculam aequans, ovato-lanceolata, acuminata, acumine a latere compresso, chartacea, 5-nervis, paleam aequilongam oblongam bicarinatam bidentulam, lodiculas 2, floremque ♂ fovens. Gluma IV. spiculam aequans, ovato-lanceolata, subulato-acuminata (subula 1 mm lg.), chartacea, 5-nervis. Palea glumam aequans, lanceolata, acuminata, 2-nervis, minutissime bicuspidata.

Britisch-Ostafrika: Makindu River 14. IV. 1902. leg. Kassner, 584. Sehr charakteristische Art, in der Infloreszenz an *Sesleria*

erinnernd. Leider lässt sich der Wuchs an dem unvollständigen Exemplare nicht sicher ermitteln; es liegen nur kurze Halmstücke vor, von denen die blühenden Zweige entspringen. Nahe Verwandte sind mir nicht bekannt: die ♂ Blüte im Winkel der 3. Spelze findet sich sonst nur bei *P. natalense* Stapf, einer sonst unähnlichen Art, der Habitus der Infloreszenz bei *P. humile* Hochst., doch sind die Hüllspelzen unserer Art viel grösser als bei allen vergleichbaren bekannten Arten.

Cruciferae.

Hans Schinz (Zürich).

Heliophila chamomillifolia *Schinz nov. spec.*

Herba annua erecta, gracillima, eramosa; caule glaberrimo; foliis pinnatis, tenuiter hispidis, segmentis filiformibus; racemis laxis plurifloris; pedicellis hispidis; floribus roseis; calycis foliolis oblongis, obtusis, hispidis; petalis obovatis, glaberrimis; staminibus filiformibus, brevioribus duobus supra basin extus squamella ornatis; stylo brevi; siliquis anguste linearibus, articulis oblongis.

Südafrika: (Kapkolonie) in saxos. Nieuwe Kloof pr. Tulbagh, 130 m, Schlechter 1407, bl. 4. IX. 1892.

Eine einjährige, schlanke, unverzweigte, ± 30 mm hohe Pflanze mit dünnem, unbehaartem Stengel und fiederschnittigen, ungestielten Laubblättern. Die Blattabschnitte sind schmal linealisch bis fädlich, zerstreut lang behaart, ± 15 mm lang und finden sich an den bis 40 mm langen Blättern zu 12. Die Blütenstiele haben eine Länge von ± 5 mm. Die abstehend zerstreut behaarten Kelchblätter sind ± 5 mm lang und ± 2 mm breit, ungespornt. Die ± 8 mm langen und ± 4 mm breiten Kronblätter sind verkehrteiförmig spatelförmig, rosa. Die längern Staubfäden messen ± 4 mm, die kürzern, über dem Grunde mit einer hyalinen Schuppe versehenen ± 3 mm. Staubbeutel ± 1¾ mm; Gr. ± 1 mm. Frucht linealisch, zwischen den Samen leicht eingeschnürt.

Die Exemplare erinnern an *H. crithmifolia* Willd., bei der aber alle Staubfäden zahnlos sein sollen. *H. foeniculacea* R. Br., bei der die kürzern Staubfäden gespornt sein sollen, hat verzweigten, behaarten Stengel, die Pflanze selbst fehlt in unsern Sammlungen. *H. Mac Owaniana*, von Schlechter in Engl. Jahrbüchern XXVII (1899), 135 beschrieben, hat kleinere, schneeweisse Blüten, verzweigten Stengel, breitere Blattabschnitte und kürzere Staubfadenschuppen (sie fehlen keineswegs, wie Schlechter angibt). *H. arabidea* Schlechter, am selben Orte beschrieben, hat dichter behaarte

Laubblätter mit breitereren, genäherten Abschnitten und breitereren Schoten.

Heliophila tulbaghensis *Schinz nov. spec.*

Herba perennis, e basi ramosa, ramulis erectis, glaberrimis; foliis lineari-lanceolatis, crassis, ad basin ramulorum approximatis, acutis, plicatis; racemis plurifloris, pedicellis erecto-patentibus, filiformibus, glabris, post aestivationem elongatis; calycis segmentis oblongis, obtusis, glabris, membranaceo-marginatis, petalis brevioribus; petalis oblongo-obovatis vel obovato-spathulatis, obtusis, violaceis, unguiculatis; staminibus basi esquamellatis; siliquis erectis, moniliformibus, articulis 4—6; stylo incrassato, obtuso.

Südafrika: (Kapkolonie) ad cataractam Tulbaghensem, 110 m, Schlechter 1682, bl. u. fr. 4. IX. 1892.

Aller Wahrscheinlichkeit nach eine Staude mit unterwärts verholzter Basis. Die mit breitem Grunde aufsitzenden Laubblätter sind ± 15 mm lang und ± 2 mm breit, meist (getrocknet) gefaltet und schwach säbelförmig gekrümmt. Die Blütenstiele sind ± 4 mm lang. Die vor der Anthese gedrängten Blüten rücken später auseinander, so dass der Blütenstand dann locker ist. Die Länge der Kelchblätter misst 3¼ mm, die der Kronblätter ± 6½ mm. Die kürzern Staubfäden sind 3 mm, die längern ± 4 mm lang. Die auf bis 10 mm langen Fruchtstielen inserierten Schoten sind samt Griffel ± 20 mm, die Einschnürungen ± 1¼ mm lang. Der Griffel auf der Frucht misst etwa 1½ mm.

Heliophila Schlechteri *Schinz nov. spec.*

Herba annua, erecta, subsimplex vel parum ramosa, stricta, scabra; foliis sparsis, filiformibus, sessilibus, scabris; racemis laxifloris; calycis segmentis late oblongis, late membranaceo-marginatis; petalis late obovatis, breviter unguiculatis; filamentis 2 brevioribus, basi squamella ligulata obtusa integra donatis; siliquis moniliformibus, articulis subovalibus.

Südafrika: (Kapkolonie) George, 300 m, Schlechter 2355, bl. u. fr. 18. III. 1893.

Die fädlichen Laubblätter dieser ± 70 cm hohen Pflanze erreichen eine Länge von ± 50 mm. Die Kelchblätter der ± 3 mm lang gestielten Blüten sind breit oblong, ± 5 mm lang und ± 2½ mm breit, dabei hautberandet. Die offenbar dunkelblauen Kronblätter sind von breit verkehrteiförmigem Umriss, kurz benagelt, ± 7 mm lang und über der halben Länge ± 5 mm breit. Die kürzern Staubfäden sind am Grunde mit einer zungenförmigen Schuppe versehen,

± $3^1/_2$ mm lang, wogegen die längern Staubfäden bis 4 und $4^1/_2$ mm messen. Die Staubbeutel sind bis 2 mm lang. Der ± $^1/_2$ mm lange Griffel ist von einer dickkopfigen Narbe gekrönt. An der Frucht misst der Griffel etwa 3 mm. Die perlschnurartig eingeschnürte Schote wird ± 80 mm lang und besitzt einen 8 mm langen Stiel. Die um $^1/_2$ mm getrennten Glieder sind von ovaler Form, die Zahl derselben beträgt ± 25.

Heliophila Rudolphii *Schinz nov. spec.*

Herba annua, erecta, subsimplex vel parum ramosa, scabra; foliis anguste lanceolatis, acutis, basi attenuatis, scabris; racemis laxifloris; calycis foliolis oblongis, sub apice gibbosis; petalis oblongo-spathulatis, obtusis; filamentis esquamellatis, filiformibus; siliquis reflexis, linearibus, compressis, glabris.

Südafrika: (Kapkolonie) Malmesbury, 130 m, Rudolph Schlechter 1631, bl. u. fr. 2. X. 1892.

Laubblätter ± 25 mm lang und ± 3 mm breit, wobei die grösste Breite über der halben Länge liegt. Die Blütenstiele messen ± 10 mm, die Fruchtstiele ± 15 mm. Die Kelchblätter sind ± 6 mm lang und ± $2^1/_4$ mm breit; die Kronblätter sind bei einer Breite von ± 3 mm ungefähr 10 mm lang. Die Schoten sind kahl, ± 45 mm lang und $1^1/_2$ bis 2 mm breit, der der Frucht aufsitzende Griffel misst ± 4 mm.

Leguminosae.

Hans Schinz (Zürich).

Rhynchosia spectabilis *Schinz nov. spec.*

Fruticosa, erecta (?), scandens (?), ramulis subteretibus, dense albo-velutinis; foliis breviter petiolatis, pinnatis, trifoliolatis, terminali a lateralibus remoto; foliolis late ovatis, basi subcordatis, apice obtusis, mucronatis, dense albo-sericeis; stipulis lanceolatis, acutis, brunnescentibus; pedunculis axillaribus, brevibus; floribus breviter pedicellatis; calyce campanulato, sericeo, dentibus lanceolatis, infimo ceteris superante, 2 superioribus ultra medium connatis; corolla calycem excedente, vexillo extus sericeo; legumine sericeo-hirsuto.

Südafrika: (Transvaal-Kolonie) in fruticet. pr. Moord Drift, 1430 m, Schlechter 4310, bl. u. fr. 24. I. 1894.

Aufrecht oder vielleicht auch windend, ausgezeichnet durch die weiss samtige Behaarung. Die dreizähligen Laubblätter sind ± 5 mm lang gestielt. Die seitlichen Blättchen sind ± 2 mm lang gestielt, das Endblättchen ist von diesem Blättchenpaar um ± 17 mm ent-

fernt. Die sämtlichen Blättchen sind breiteiförmig, abgerundet und von einem kleinen Spitzchen überragt, am Grunde schwach herzförmig. Das Endblättchen ist bis 60 mm lang und bis 60 mm breit, die Seitenblättchen sind etwas kleiner. Sämtliche Blättchen sind beidseitig weich samtig behaart, oberseits schmutzig grau, unterseits weiss. Die Nebenblätter sind pfriemlich, ± 3 mm lang, behaart, bräunlich. Die Blütenstände sind ± 15 mm lang gestielt, achselständig, kürzer als die Laubblätter und bis 20- (meist weniger-) blütig. Die ± 4 mm langen und am Grunde etwa 3 mm breiten Tragblätter sind breiteiförmig, dreieckig bis eiförmig, am Grunde abgestutzt oder etwas zusammengezogen, innen kahl und braun, aussen lang seidig behaart. Die ziemlich dicken Blütenstiele sind 3 bis 4 mm lang. Der Kelch ist glockig; der untere Kelchzipfel ist schmal lanzettlich, schlank, ± 9 mm lang und ± 2 mm breit, die zwei seitlichen Zipfel sind ± 5 mm lang und ± 2 mm breit, eiförmig lanzettlich, und der obere Kelchzipfel endlich ist zirka 2½ mm tief eingeschnitten. Die Kelchröhre ist ungefähr 5 mm lang. Die ovale, oben herzförmig ausgerandete, ± 17 mm lange und ± 11 mm breite Fahne ist innen kahl, aussen dagegen samtig behaart. Die beiden Flügel sind nur 14 mm lang, zirka 3 mm breit und sind mit einem 2 mm langen, nagelwärts vorgezogenen Fortsatz versehen. Der Kiel hat eine Länge von ± 18 mm. Die 2samigen Hülsen sind ± 25 mm lang und ± 10 mm breit, weiss samtig behaart und vom bleibenden Griffel überragt.

Die Art erinnert vielfach an *Rh. longipes* Harms (in Engl. Bot. Jahrb. XXVI, 306) aus der Transvaal-Kolonie, letztgenannte Art hat aber kleinere Laubblätter und viel länger gestielte Blütenstände. *Rh. nitens* Benth. (in Harv. et Sonder, Fl. Cap. II, 257) hat gleichfalls bedeutend kleinere Laubblätter, und bei *Rh. Woodii* Schinz sind die Blütenstände lang gestielt. *Rh. Orthodanum* Benth. (l. c., 257) kann auch nicht in Frage kommen, denn deren Laubblätter sind bekanntermassen elliptisch.

Polygalaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Polygala Schlechteri *Schinz nov. spec.*

Herbacea, erecta, glabra, eramosa vel parviramosa; foliis linearibus, acutis; racemis densifloris, floribus pedicellatis, basi 3-bracteatis, reflexis; sepalis exterioribus lanceolatis, alis oblongo obovatis, basi attenuatis, apice rotundatis obtusique, crista multifida; capsula glabra, apice leviter emarginatis; seminibus cylindricis, pilis adpressis sericeis, caruncula?

Südafrika: (Transvaal-Kolonie) in palude pr. Brugspruit, 1530 m, Schlechter 4117, bl. 2. I. 1894.

Eine einjährige, kahle, wenig-, meist sogar unverzweigte Pflanze mit am Grunde rosettig gedrängten, oberwärts auseinandergerückten, linealischen, spitzen, 4 bis 7 mm langen Laubblättern; die untersten Blätter pflegen · spatelförmig zu sein. Die bis 10 cm langen Blütenstände sind aufrecht und schlank, die Tragblätter sind lanzettlich, spitz, 1½ bis 2 mm lang und gleich den linealisch lanzettlichen, zugespitzten, 1 mm langen Vorblättern hinfällig, nach ihrem Abfall eine breite Narbe zurücklassend. Die Blütenstiele der nickenden Blüten messen ± 1 mm. Die äussern Kelchblätter sind weiss, lanzettlich und ± 1½ mm lang, die weissen, oblong verkehrteiförmigen, abgerundeten Flügel sind ± 2½ mm lang und ± 1¼ mm breit. Der Kiel misst etwa 2 mm in der Länge. Die Frucht ist kahl, dagegen sind die Samen schwach behaart (pubescierend).

Polygala Schlechteri gehört unzweifelhaft zur Sektion *Orthopolygala* der Chodat'schen Monographie und zwar zur Gruppe der *Tenues*, die teils amerikanische, teils südafrikanische Arten umfasst; von letztern könnten in Betracht kommen *P. pallida* E. Mey. und *P. capillaris* E. Mey. Die erstere kenne ich nur aus der Beschreibung in Harvey und Sonder Flora Capensis, Chodat scheint sie entgangen zu sein; sie dürfte sich von unserer Pflanze durch persistierende Tragblätter und stumpfe Laubblätter unterscheiden. *P. capillaris* fällt sofort durch bedeutend kleinere Blüten auf.

Anacardiaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Rhus knysniaca *Schinz nov. spec.*

Ramulis novellis sericeis, adultis glabris; foliorum petiolis plus minusve molliter pilosis; foliolis supra glabris, costis et nervis molliter pilosis, obovato-oblongis vel elliptico-obovatis, basim versus cuneatis, obtusis vel subacutis, mucronatis, margine antico grosse crenato-serratis; paniculis quam folia brevioribus, tomentosis, ramulis abbreviatis; calycis segmentis late obovatis, ciliatis.

Südafrika: (Kapkolonie) auf Hügeln bei Knysna, 30 m, Schlechter 5913, 9. XI. 1894.

Die mit oberseits gefurchten, ± 15 mm langen Blattstielen versehenen Laubblätter verkahlen rasch, sie sind oberseits (getrocknet) schwarzbraun, unterseits etwas heller, 25 bis 50 mm lang und (ungefähr in der Mitte) 10 bis 23 mm breit. Die fast unverzweigten

Blütenstände sind ± 50 mm lang (samt Stiel). Die Blüten befinden sich an den mir vorliegenden Exemplaren noch nicht im Zustande der Anthese.

Rhus filiformis *Schinz nov. spec.*

Glabra, ramulis tenuibus; foliis filiformibus, petiolatis, glabris, acutis, margine non revolutis; paniculis quam folia brevioribus, glabris, ramosis, paucifloris et laxifloris; floribus pedicellatis; calycis segmentis glabris, acutis vel obtusis; petalis oblongo ovatis; drupis?

Südafrika: (Transvaal-Kolonie) in collibus prope Wilge Rivier, 1600 m, 18. XI. 1893, Schlechter.

Zweige schlank, biegsam, ginsterartig. Blattstiele oberseits flach, ± 15 mm lang. Die dreizähligen Laubblätter setzen sich aus im Querschnitt breitbikonvexen oder breitplankonvexen, ± 80 mm langen und ± 1 mm breiten Blättchen, deren Ränder nicht zurückgerollt sind, zusammen. Die Rispen haben eine Länge von ± 35 mm, die Blütenstiele sind ± 5 mm, die Kelchabschnitte 1—1½ mm, die Kronblätter ± 2 mm lang.

Malvaceae.

B. P. G. Hochreutiner (Genf).

Hibiscus discophorus *Hochr. sp. nov.*

Herba (vel suffrutex) perennis. Radix crassa, lignosa, caules plurimos, dense foliatos, ± erectos, vel accumbentes et etiam probabiliter procumbentes gerens. Caules cylindrici, tomentosi canescentes, apice siccitate ± compressi. Stipulae subulato-filiformes, longissimae, in foliis junioribus, petioli longitudinem excedentes; folia polymorpha: infima, parva, elliptica ad subcircularia; inferiora et media, oblonga et interdum triloba vel late lanceolato-obovata; superiora anguste lanceolata, vel linearia; omnia basi attenuato-cuneata, petiolata, petiolo lutescente, tomentoso, apice quasi incrassato-articulato; lamina, parte superiore, argute serrata, basi 3—5-nervia, nervis duobus lateralibus ad, vel ultra, dimidiam partem laminae longitudinis attingentibus; nervus medius in laminae parte superiore solum pennatus; nervi omnes supra parum, subtus valde prominentes et tomentoso-lutescentes; lamina viridis, subtus tomentosa et insuper pilis maximis stellatis sparsis quasi ciliata, supra minus dense et magis regulariter tomentosa. Ramuli accessorii in foliorum axillis mox evoluti, plantae habitum suffultum dantes. Flores axillares, solitarii, parvi; pedunculi petiolis paulum vel vix longiores; involucri bracteae liberae, subulatae-filiformes ca. 9, dimidiam calycis lon-

gitudinem vix vel paululum excedentes, sed semper calycis sinus superantes. Calyx cupuliformis, extus, ut involucri bracteae et pedunculus, tomentosus, intus glaber et basi, circum corollam, disco annulari, papilloso, ochroleuco praeditus, margine ad quartam partem inferiorem lobatus, lobis elongato-triangularibus. Petala 5 (alba dicta), oblonga, calycem non valde superantia et basi cum tubo stamineo, ibidem valde dilatato, concrescentia. Columna staminalis glabra, brevissima, nec exserta, 10 vel plus stamina in unum verticillum disposita gerens, ultra stamina vix producta et apice dentibus 5, minimis, triangularibus, terminata; antherae oblongae, fere sessiles. Stylus 5-fidus, rami breves, glabri; stigmata capitata. Capsulam juniorem solam vidi, 5-locularem, subsphaericam, puberulam, loculis oligospermis.

Caules 5—20 cm longi et 0,15—0,25 cm crassi. Stipulae 0,5—0,9 cm longae; foliorum adultorum petioli 0,5—1 cm longi; foliorum infimorum lamina ca. 1 × 0,8 cm longa et lata, foliorum medianorum triloborum 3,3 × 1,5—4 × 1,3 cm, foliorum superiorum ± linearium 1,9 × 0,6—4,2 × 1 cm longa et lata. Pedunculi ca. 0,4—0,8 cm longi. Involucri bracteae vix 3 mm longae et vix 1/2 mm latae. Calyx ca. 5 mm longus, lobi 3—3,5 mm longi; discus circularis ca. 1/2 mm latus. Petala ca. 7 mm longa. Columnae staminalis pars tubulosa ca. 1 mm longa. Styli cum stigmatibus e columna staminali ca. 1 mm exserti. Capsula, quam vidi, ca. 4 mm in diam. lata.

Deutsch-Südwest-Afrika: (Hereroland) zwischen Otjisewa und Otjihawera, Dinter 453, bl. 17. III; östlich von Windhoek, Dinter 819, bl. II.

Obs.: Cette espèce est très voisine de l'*H. huillensis* Hiern qui parait être une plante à tiges dressées. La forme générale de la feuille et surtout la nervation est la même, mais l'espèce de Hiern diffère d'abord par les feuilles toutes linéaires-lancéolées et plus espacées, par son indument plus velouté et coloré en jaune citron au bout des tiges; en outre et surtout, il diffère par son calice moins profondément lobé, ses bractéoles de l'épicalyx beaucoup plus courtes, n'atteignant pas les sinus du calice, et par l'absence de disque à l'intérieur du tube calycinal.

Comme nous n'avons pas vu de fruit mûr, nous ne pouvons fixer avec certitude la section à laquelle l'espèce se rattache; mais, étant donné son port, il est hors de doute que c'est aux *Bombycella* comme l'*H. huillensis*, ou peut-être, tout au plus, aux *Trichospermum* qu'elle doit être attribuée.

Sterculiaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Hermannia (Euhermannia) ***truncata*** *Schinz nov. spec.*

Suffrutex parvus, ramulis novellis et foliis dense tomentosis; folia breviter petiolata, spathulata, apice truncata et crenata, fulva; floribus axillaribus solitariis; calycis tubus late turbinatus, dentes lanceolato-triangulares, acuti; petala obovata calycem vix superantia; staminum filamenta cuneata; ovarium subovoideum dense stellato-pilosum; stylus subulatus.

Deutsch-Südwest-Afrika: (Gross-Namaland) Graspoort, Dinter 1087, bl. III.

Die jungen Triebe dieser kleinstrauchigen Pflanze sind dicht filzig behaart, aber durchaus nicht drüsig, sie sind von fahlgelber Farbe, soweit der Filz erhalten ist. Die spatelförmigen Laubblätter, deren Stiel sehr kurz ist, sind oben abgestutzt und in der Regel mit drei Kerben versehen, ± 8 mm lang und ± 3 mm breit. Die blattachselständigen Blüten haben einen glockig trichterförmigen, mit Sternhaaren besetzten Kelch, dessen Röhre $2^1/_4$ mm lang ist, wogegen die dreieckig lanzettlichen und spitzen Kelchzähne 4 mm in der Länge messen. Die Staubfäden sind spatelförmig und unterhalb der Insertion der Staubbeutel $1^1/_4$ mm breit. Die Griffellänge beträgt ± 4 mm.

Hermannia (Acicarpus) ***tenella*** *Dinter* et *Schinz nov. spec.*

Herba; folia brevissime petiolata, anguste ovato lanceolata, basi rotundata, apice acuta, serrata, disperse stellato-pilosa; stipulae anguste lanceolatae; pedunculi patentes uniflori; calycis tubus campanulatus, dentes lanceolato-triangulares, acuti; petala spathulata basin versus cuneata, calycem vix superantia; staminum filamenta spathulata, antherae obtusae; ovarium tomentosum; capsula longe cornuta.

Deutsch-Südwest-Afrika: (Hereroland) Waterberg, auf dem Plateau der Sandsteinberge, Dinter 354, bl. 31. III.

Eine vermutlich einjährige, schlanke Pflanze mit schmal eiförmig lanzettlichen, am Grunde abgerundeten, ungestielten oder verschwindend kurz gestielten, spitzen und gesägten, bis 17 mm langen und bis 7 mm breiten, mit vereinzelten Sternhaaren besetzten Laubblättern. Die achselständigen, einblütigen Blütenstiele messen 13 mm, sie sind kahl mit Ausnahme der obersten Partie, die mit einzelnen, abstehenden Haaren besetzt ist, der eigentliche, ± 1 mm lange Blütenstiel ist etwas dichter, aber auch abstehend behaart. Die glockige Kelchröhre ist $2^1/_2$ mm hoch; die $1^1/_4$ mm langen Kelch-

zähne sind dreieckig lanzettlich, spitz und abstehend behaart. Die im getrockneten Zustande ziegelroten Kronblätter sind spatelförmig, nach dem Grunde zu keilförmig zusammengezogen, ± 3 mm lang und ± $^{3}/_{4}$ mm breit. Die rechteckig spatelförmigen Staubfäden sind $1^{1}/_{4}$ mm lang und tragen $1^{1}/_{2}$ mm lange, stumpfe Staubbeutel. Der Fruchtknoten ist kurzfilzig, scheint aber frühzeitig zu verkahlen, denn die nahezu reife Frucht ist grün und lang behörnt.

Die Pflanze gleicht im Habitus auffallend der *Hermannia tigrensis* Hochst., namentlich dem von Böhm (160) bei Gonda in Ostafrika gesammelten Exemplare, nur sind bei unserem südwestafrikanischen Pflänzchen die Fruchthörnchen auffallend länger. Die Laubblätter der *tenella* erinnern stark an *H. boraginiflora* Hooker, eine Art, die sich von *tenella* auf den ersten Blick durch die drüsige Behaarung unterscheidet.

Hermannia (Euhermannia) ***hereroensis*** *Schinz nov. spec.*

Herba?; stellato tomentosa; folia oblonga, basi subrotundata, apice obtusa vel subacuta, ± crassiuscula, serrata, basin versus integerrima, griseo-viridia; flores in axillis solitarii pedicellati; stipulae lineari-lanceolatae; calycis dentes anguste lanceolati, acuti; staminum filamenta obovata, antherae pilosae, acutae; ovarium tomentosum.

Deutsch-Südwest-Afrika: (Hereroland) sandige Fläche am Waterberg, Dinter 355, bl. I. IV.

Eine mehrjährige, krautige Pflanze von auffallend (im getrockneten Zustande) schmutzig grüner Färbung mit kurz gestielten, oblongen, am Grunde ± abgerundeten, stumpfen bis spitzlichen, dicken, oberwärts klein gesägten, unterwärts ganzrandigen Laubblättern. Die Spreite der Blätter ist 27 bis 35 mm lang und 8 bis 12 mm breit, ab und zu finden sich auch vereinzelte längere und entsprechend breitere Blätter vor. Die Nervatur der Blätter tritt auf der Unterseite deutlich hervor. Die ± 15 mm langen Blütenstiele sind blattachselständig und einblütig und tragen dicht unterhalb der Blüte pfriemliche Vorblätter. Der Kelch ist bis beinahe zum Grunde geteilt, das heisst die Kelchröhre ist etwa $1^{1}/_{2}$ mm hoch, wogegen die schmal dreieckig lanzettlichen, spitzen, am Grunde ± $1^{3}/_{4}$ mm breiten Kelchzipfel ± 5 mm lang sind. Die Petalen der untersuchten Blüten sind auffallend klein, d. h. ± 3 mm lang und ± $1^{1}/_{2}$ mm breit. Die verkehrteiförmig spatelförmigen Staubfäden sind 3 mm lang und unterhalb der Insertion der ± 6 mm langen, behaarten, spitzen, aber nicht mit einer Haarspitze versehenen Staubbeuteln ± 2 mm breit. Der Fruchtknoten ist allseitig und nicht bloss auf den Kanten behaart und trägt einen ± 5 mm langen, unterwärts behaarten Griffel.

Unsere Art stimmt in verschiedenen Einzelheiten (wie Kleinheit der Petalen) mit *Hermannia Engleri* Schinz (= *H. Dinteri* Engler non Schinz) überein, sie unterscheidet sich von dieser aber wiederum höchst auffallend durch die (unschöne) schmutziggrüne Färbung der vegetativen Teile. *H. hereroensis* dürfte in den Formenkreis der *H. brachypetala* gehören, es fehlen ihr aber die langen, steif abstehenden Borstenhaare, auch scheinen die jungen Triebe der *hereroensis* fast kantig zu sein, was für *brachypetala* nicht zuzutreffen scheint.

Passifloraceae.

Hans Schinz (Zürich).

Tryphostemma (Basananthe) ***Schlechteri*** *Schinz nov. spec.*

Caule adscendente (?), herbaceo, glabro; foliis breviter petiolatis, palmati-vel pedatipartitis, segmentis anguste lanceolatis vel ellipticis, basi attenuatis, acutis, supra glabris, subtus scabris, grosse serratis; cymis plurifloris, folio multoties brevioribus; corona exteriore margine in filamenta numerosissima fissa, interiore cupuliformi; staminibus 5, filamentis facie interiore coronae interioris paullulo infra marginem affixis; ovario breviter stipitato, stylis 3, liberis.

Südafrika: (Transvaal-Kolonie) in arenosis pr. Sandrivier, 880 m, Schlechter 4596, bl. u. fr. 5. III. 1894.

Die von pfriemlichen, 2 bis 3 mm langen, früh abfallenden Nebenblättern begleiteten Laubblätter sind ± 5 mm lang gestielt. Die Abschnitte der hand- oder fussförmig geteilten Spreite sind schmallanzettlich, ± 10 mm lang und 4 bis 5 mm breit, grob gezähnt, auf den Nerven unterseits rauh, oberseits kahl; die Nervatur tritt unterseits deutlich hervor. Die Kelchabschnitte der ± $2^1/_2$ mm lang gestielten Blüten sind am Grunde verwachsen, oblong, stumpflich, 3 bis 4 mm lang und ± $1^1/_2$ mm breit. Die Kronblätter sind um ein Weniges kürzer als die Sepalen, schmal, oblong, spatelig bis lanzettlich, häutig. Die Staubfäden sind der kurzröhrigen, häutigen, innern Corona angewachsen und ± 1 mm lang. Die Frucht ist ± 10 mm lang.

T. Baumii hat unterseits weissgrau behaarte Laubblätter; bei *T. heterophylla* (Schinz) Engler sind die untern Laubblätter dreiteilig, die obern ungeteilt und kahl und *T. littoralis* Beyr. und *T. nummularia* (Welw.) Engler haben ungeteilte Blätter.

Primulaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Anagallis nana *Schinz nov. spec.*

Herba annua, pumila, gracilis; folia obovata vel spathulata, obtusa vel acuta, crassiuscula, marginata, basi in petiolum attenuata; flores axillares, breviter pedicellati; calycis usque ad basin 5 partiti, laciniae lineari-lanceolatae, acutissimae; corollae profunde 4—5-partitae, lobi ovato lanceolati, ± acuti; tubus brevis; stamina 5, aequalia, corollae lobis 2-plo breviora, basibus dilatatis membranam ovarium obtingentem et corollae affixam formantia.

Südafrika: (Transvaal-Kolonie) in depressis humidis pr. Riedfontein, 1830 m, bl. 23. X. 1893, Schlechter 3569.

Ein einjähriges Pflänzchen von ca. 3 cm Höhe, entweder einfach oder mit 3 oder mehr schwach bogig aufsteigenden Stengeln, die vierkantig und an den Kanten schwach geflügelt sind. Die alternierenden Laubblätter sind ± 5 mm lang und ± 3 mm breit, kahl, weisslich berandet, spatelförmig, von einer kleinen, stumpfen Spitze überragt und am Grunde zusammengezogen in einen ± 2 mm langen und bis 3 mm breiten Blattstiel. Die achselständigen Blüten sind 1 bis $1^1/_2$ mm lang gestielt, etwas abwärts gebogen. Die Kelchabschnitte sind schmal lanzettlich, zugespitzt und ± 3 mm lang; die Lappen der mit einer ca. $^3/_4$ mm langen Kronröhre versehenen Krone sind 2 bis $2^1/_2$ mm lang und ± 1 mm breit, oblong, stumpf und nach dem Grunde zu etwas zusammengezogen. Die tief in der Röhre inserierten Staubfäden sind kaum halb so lang wie die Kronlappen. Die Länge des Griffels beträgt 1 mm; die reife, kugelige Kapsel misst $2^1/_2$ bis 3 mm im Durchmesser.

Diese Art ist wohl unzweifelhaft der Sektion *Crassifoliae* R. Knuth unterzuordnen, scheint aber mit keiner der aus dieser Sektion beschriebenen Arten in näherer Beziehung zu stehen. Mit *A. pumila* Swartz var. *natalensis* [Sektion *Micropyxis* (Duby) R. Knuth], deren Blütenstiele länger als die Laubblätter sind und deren Stengel niederliegend und wurzeln ist, hat sie offenbar nichts zu tun.

Der Monographe der Familie der Primulaceen, Herr R. Knuth, dem ich Exemplare meiner Pflanze gesandt habe, ist mit mir der Ansicht, dass es sich entschieden um eine noch unbeschriebene Art der Sektion *Crassifoliae* handelt.

Oleaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Jasminum quinatum *Schinz nov. spec.*

Suffrutex erectus, ramosus, ramulis crispe pilosis; foliis oppositis, petiolatis, 5-foliolatis, foliolis breviter petiolulatis, sparse pilosis, ciliatis, coriaceis, lanceolatis vel ovato-lanceolatis, apiculatis vel breviter acuminatis, basi rotundatis vel attenuatis; cymis terminalibus vel axillaribus, 3-floris; calycis tubo subcampanulato, lobis 5—6, lanceolatis, corollae tubo tenui elongato superne dilatato, lobis oblongis, obtusis; antherae acuminatae.

Südafrika: (Transvaal-Kolonie), Crocodile Rivier, 1600 m, Schlechter 3914, bl. 9, XII. 1893.

Vom Grunde an stark verzweigter, aufrechter Halbstrauch von bescheidener Höhe, jedenfalls mehrjährig. Die oberwärts weich abstehenden, zum Teil auch namentlich unterwärts kraus behaarten Zweige sind mit vorstehenden niedrigen Längsleisten versehen, die beidseitig der Blattstiele entspringen. Die Länge der Blattstiele beträgt bis 7 mm. Die zu 5, nur ausnahmsweise zu 3, auf gemeinsamem Blattstiel stehenden Blättchen sind + 2½ mm lang gestielt, in der Länge ungleich, gewöhnlich 22 mm lang und + 7 mm breit, nur ausnahmsweise 32/11 mm. Die wenig-, meist dreiblütigen Blütenstände sind 6 mm lang gestielt. Die + 4 mm lang gestielten Blüten sind mit einem röhrig glockenförmigen Kelch versehen, dessen Röhre 2 mm lang ist; ungefähr ebenso lang sind die schmallanzettlichen Kelchzähne. Die Kronröhre ist 18 mm lang, die Kronlappen sind länglich, abgerundet, werden von einem Spitzchen überragt und sind bei + 10 mm Länge etwa 4 mm breit. Die mit 1 mm langen Staubfäden versehenen Staubbeutel sind + 4 mm lang und werden von der Konnektivspitze deutlich überragt. Der 15 mm lange Griffel geht in zwei 3 mm lange Narbenlappen aus.

Asclepiadaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Raphionacme Dinteri *Schlechter ined.*

Herba volubilis (?), tomentosa; foliis elliptico-lanceolatis vel oblongo-spathulatis, subacutis vel rotundatis, basi angustatis, subtus tomentosis, supra glabris, margine ciliatis; floribus in cymis parvifloris axillaribus, subglobosis, pedunculo subnullo; pedicellis brevissimis; calycis segmentis tomentosis, triangularibus vel lanceolatis, acutis; corolla subrotata, tubo brevi, apicem versus dilatato, lobis extus

tomentosis, intus glabris, coronae phyllis profunde tripartitis, lateralibus brevibus, connatis, intermedio erecto lineari, acutissimo, lateralibus multo longiore; antheris apice attenuato appendiculatis.

Deutsch-Südwest-Afrika: (Hereroland), trockene Hügel an der Südseite der östlichen Auasberge, 1800 m, Dinter 809, bl. X. 1899; 10 km östlich von Orumbo, Dinter 1326, bl. XII. 1899; Hohenwarte, Dinter 1264, bl. XII. 1899.

Eine krautige, mit ansehnlicher Knolle versehene Pflanze. An den mir vorliegenden Herbarexemplaren ist schwer zu entscheiden, ob es sich wirklich um eine windende, nur anfangs aufrechte Pflanze handelt, und ich muss daher diese Frage offen lassen. Der Stengel ist bräunlich und mit kurzen Kräuselhaaren bekleidet. Die Laubblätter sind ± $2^1/_2$ mm lang gestielt, unterseits grau kurzhaarig, oberseits dagegen ± kahl, bis 3 cm lang und bis 10 mm breit. Die spitzen Kelchabschnitte sind gleich der Aussenseite der Krone kurz behaart, ± $1^1/_4$ mm lang und am Grunde $^1/_2$ bis $^3/_4$ mm breit. Die Lappen der glockig trichterförmigen, $1^1/_4$ mm langen Kronröhre sind oblong, stumpf, ± 3 mm lang und ± 2 mm breit. Die Corona besteht aus ± $1^1/_2$ mm langen, pfriemlichen Abschnitten, die beidseitig von einer quadratischen, sehr tief zweilappigen Schuppe begleitet sind, die wohl ähnlich wie bei *Raphionacme Galpini* Schlechter (cf. Dyer Fl. Cap. IV. 536) entstanden sein dürfte. Die Staubbeutel sind zugespitzt, kürzer als die pfriemlichen Coronalappen.

Raphionacme pachyodon *K. Schumann ined.*

Volubilis; foliis oblongo-lanceolatis, acutis vel subacutis, tomentosis; floribus viridibus, in cymis capitatis longe pedunculatis, multifloris; calycis segmentis triangulari-lanceolatis, acutis; corollae lobis oblongis, tomentosis, obtusis, coronae phyllis profunde tripartitis, lateralibus brevibus, medio elongato acuto; filamentis basi quadratis, apice subulatis.

Südwest-Afrika: (Mossamedes) Gambos-Tongo Tongo, Newton 152, bl. XI. 1882.

Staubfäden am Grunde quadratisch, oberwärts fädlich, $1^1/_2$ mm lang. Staubbeutel anscheinend nicht zugespitzt, im übrigen kaum verschieden von *Rh. Dinteri* Schlechter.

Cucurbitaceae.

A. **Cogniaux** (Nivelles).

Kedrostis Rautanenii *Cogn. sp. nov.* (Sect. *Cogniauxina* O. Kuntze).

Monoica; foliis longiuscule petiolatis, ambitu rotundato cordatis, utrinque brevissime denseque puberulis, plerumque paulo ultra medium 3—5-lobatis, lobis obovatis, margine remote minuteque denticulatis, apice rotundatis apiculatisque; racemis masculis subcapitato-4—5-floris, foliis multo brevioribus; floribus femineis solitariis, subsessilibus; fructu primum brevissime pubescente demum glabrato, anguste oblongo, basi subtruncato, apice longe angusteque attenuato.

Rami gracilis, sulcati, subtiliter puberuli. Petiolus gracilis, subsparse breviterque hirtellus, 3—5 cm longus. Folia pallide viridia, 7—8 cm longa, 9—10 cm lata; sinus inter lobos satis angusti, obtusi. Cirrhi gracilis, puberuli, bifidi. Pedunculus communis masculus gracillimus, 1—1½ cm longus; pedicelli erecti vel leviter patuli, 2—3 mm longi. Calycis tubus late obconicus, brevissime hirtellus, apice 3 mm latus; dentes patuli, triangulari-lineares, 4 mm longi. Petala erecto-patula, triangulari-ovata, acuta, 5-nervia, brevissime denseque puberula, 3½—4 mm longa. Ovarium anguste lineari-subconicum, brevissime denseque pubescens, 8—9 mm longum. Fructus subrectus, ut videtur rubescens, 4 cm longus, 1 cm crassus. Semina pallide fuscescentia, obovoidea, laevia, tenuiter marginata, 4½—5 mm longa, 3½—4 mm lata crassaque. — Affinis *K. hirtellae* Cogn.

Südwest-Afrika: (Amboland) Omakunde in Uukuanyama, Rautanen 703, bl. 8. I. 02.

2.

Beiträge zur Kenntnis der Schweizerflora. (XI.)

1. Vierter Beitrag zur Curfirstenflora

von **Hans Schinz** (Zürich).

Nachstehend folgt noch eine kleine Nachlese aus dem Curfirstengebiet, grösstenteils Funde von meinem Sohne Hans R. Schinz und unserem Freunde Eduard Müller umfassend. Ich habe auch einige Arten aufgenommen, die zwar aus diesem Gebiete bereits bekannt gewesen sind, die aber daselbst entweder sehr selten sind oder für die bestimmte Standorte bis anhin noch nicht angegeben worden sind.

Es ist dies unser vierter Beitrag zur Curfirstenflora, und dürfte es mit diesem vorläufig sein Bewenden haben. Die drei frühern Beiträge finden sich: 1. Vierteljahrsschrift zürch. Naturf. Ges. XLIX (1904), 229; 2. in derselben Zeitschrift LI (1906), 204 (daselbst auch die übrige Literatur angegeben) und 3. Bull. Herb. Boiss. 2me sér. VII (1907), 654.

Cystopteris fragilis *(L.) Bernh.* ssp. ***regia*** *(L.) Bernoulli* var. ***alpina*** *(Wulfen) Koch*

Zwischen Steinen auf der Tschingla, in einer Höhe von ca. 1600 m, Hans R. Schinz.

Asplenium fontanum *(L.) Bernh.* var. ***angustatum*** *Koch*

Nicht ganz typische Exemplare am Weg von der Laubegg nach Quinten hinunter, bei ca. 1350 m, Hans R. Schinz.

Picea excelsa *(Lam.) Link lusus* ***virgata*** *(Jacques) Casp.*

Im Gemeindewald oberhalb des Schulhauses am Bühl (Walenstadtberg), links vom Stegenbach, ein ca. 20 bis 25 Jahre altes Exemplar, Ed. Müller.

Phragmites communis *Trin.*

Engen, Ed. Müller.

Von Baumgartner für die Talsohle angegeben.

Orchis Traunsteineri *Sauter*

Zwischen Engen und Walenstadtberg. Thellung (1910). Neu für das Gebiet.

Nigritella nigra *(L.) Rchb.* × ***Gymnadenia odoratissima*** *(L.) Rich.*

Schrinakämme, bei 1600 m, Alwin Linder; links vom Kammsässli, an der Planggen, Lehrer David.

Silene exscapa *All.*

Kammsässli, Ed. Müller.

Neu für den Kanton St. Gallen.

Aquilegia vulgaris *L.* ssp. ***atroviolacea*** *Arv.-Lall.*

Zwischen Walenstadt und Walenstadtberg, am Schrattenbach, Hans R. Schinz.

Anemone ranunculoides *L.*

Zwischen Walenstadt und Gräpplang, Max Schläpfer. Aus der Talsohle allerdings bekannt, indessen ohne bestimmte Standortsangabe.

Stenophragma Thalianum *Čelak.*

Lauibach auf dem Walenstadtberg, Hans R. Schinz. Aus der Talsohle bekannt.

Sedum alpestre *Vill.*

Balis, auf Felsen, Hans R. Schinz.

Neu für St. Gallen.

Sedum hispanicum *L.* var. ***bithynicum*** *(Boiss.) Schinz* et *Keller*

In Walenstadt, im Strassengraben längs eines Gartens, Hans R. Schinz.

Cotoneaster tomentosa *(Aiton) Lindley*

Obersäss, Ed. Müller.

Wurde bis jetzt als sehr selten für den Südfuss angegeben, seitdem von Hans R. Schinz für den Wolfinger Wald und nun also auch für das Obersäss nachgewiesen.

Tetragonolobus siliquosus *(L.) Roth*

Engen, auf einer Streuwiese reichlich, Hans Schinz.

Bis anhin bekannt von Tscherlach in der Talsohle.

Rhamnus pumila *Turra*

Hochruck, häufig die Felsblöcke an den Ruggplanggen überkleidend, Hans und Hans R. Schinz.

Die Pflanze ist allerdings von den Curfirsten schon bekannt, wird aber als sehr selten bezeichnet und sind bestimmte Standorte noch nicht genannt worden.

Hypericum hirsutum *L.*

Schrattenbach ob Walenstadt, Hans R. Schinz.

Eine für das Curfirstengebiet seltene Art.

Hypericum maculatum *Crantz* ssp. ***erosum*** *Schinz* var. ***punctatum*** *Schinz*

Walenstadtberg, häufig, Hans R. Schinz.

Pyrola uniflora *L.*

Im Walde rechts vom Lauibach gegen die Tschingla hinauf recht häufig, Hans R. Schinz.

Soldanella alpina *L. fl. albo*

Am Schnee an der grossen Tschinglaplangge, Julie Schinz.

Die weissblühende Form wird von Baumgartner auch für den Gamserruck angegeben.

Gentiana verna *L.* var. ***angulosa*** *M. Bieb.*

Hochruck, Hans R. Schinz.

Myosotis intermedia *Link*

Breuge auf Walenstadtberg, Hans R. Schinz. Für die Talsohle bereits angegeben.

Ajuga pyramidalis *L.*

Walenstadtberg, Hans R. Schinz.

Die nächsten Standorte liegen bei Quinten.

Galeopsis Ladanum *L.* ssp. ***intermedia*** *(Vill.) Briq.*

Ruggplangge, Ed. Müller.

Stachys rectus *L.* ssp. ***hirtus*** *(Ten.) Briq.*

Zwischen Walenstadt und dem Walenstadtberg, Hans R. Schinz.

Stachys rectus *L.* ssp. ***rectus*** *Briq.*

Ruggplangge ob dem Stöckwald, Hans R. Schinz.

Melampyrum pratense *L.* var. ***commutatum*** *Tausch*

Lauibach, Ed. Müller.

Rhinanthus Semleri *(Stern.) Schinz* et *Thellung* var. ***modestus*** *(Chab.)*

In der Butz bei der Alp Schrina, 1500 m, Hans R. Schinz.

Orobanche Laserpitii Sileris *Reuter* auf ***Laserpitium latifolium*** *L.*

Ruggplangge, Ed. Müller.

Der Schmarotzer findet sich sonst nur auf Laserpitium Siler!

Orobanche minor *Sutt.*

In einem Kleeacker bei Tscherlach, massenhaft, Hans R. Schinz.

Adoxa Moschatellina *L.*

Etwas oberhalb Walenstadt noch unterhalb des Schrattenbaches, am schattigen Wegrand, Hans R. Schinz; zwischen Walenstadt und Gräpplang, Max Schläpfer (April 1909).

Valeriana montana *L.* var. ***scrophulariifolia*** *Rouy*
An den Schrina-Kämmen, Ed. Müller.

Phyteuma Halleri *All.* var. ***typicum*** *R. Schulz f.* ***longibracteatum*** *R. Schulz*
Valsloch, Ed. Müller.

Senecio Doronicum *L.* var. ***arachnoideofloccosus*** *Hegetschw.*
Obersäss, Ed. Müller.

Cirsium acaule × oleraceum.
Hochruck, Hans R. Schinz.

Crepis taraxacifolia *Thuill.*
An den Schrina-Kämmen, Ed. Müller.
War bis anhin aus dem Curfirstengebiet nur bis zu 800 m gefunden worden.

Hieracium florentinum *All.* ssp. ***obscurum*** *Rchb.*
Walenstadtberg: bei der Villa Kälin, ca. 400 m, Hans R. Schinz.

Hieracium silvaticum *(L.) Fr.* ssp. ***gentile*** *Jord.*
Walenstadtberg (550 m), auf einer Waldwiese, Hans R. Schinz.

2. Neue Beiträge zur Bündnerflora

von **Josias Braun**[1]) (Chur), unter Mitwirkung von **A. Thellung** (Zürich).

Nach längerer Abwesenheit im Frühjahr 1908 wieder nach Chur zurückgekehrt, habe ich mich seither eifrig mit der floristischen Durchforschung des Kantons Graubünden beschäftigt. Die bemerkenswertesten Resultate, nebst interessanten, noch unpublizierten Funden anderer Botaniker, finden sich in den nachfolgenden Pflanzenlisten zusammengestellt[2]). Diese Listen lassen erkennen, wie wenig genau durchforscht eigentlich die Mehrzahl unserer Talschaften noch ist. Dabei muss ich noch bemerken, dass es mir in der Hauptsache weniger daran lag, recht viele Seltenheiten zu entdecken, als vielmehr die einzelnen Gebiete möglichst genau kennen zu lernen, um so auch das Areal der für gewöhnlich vernachlässigten „gemeinen" Arten feststellen zu können. Auf solche Weise verwendete ich die Jahre 1908 und 1909 zur systematischen Untersuchung des vordern Prätigaus, des Churer Rheintals und dessen Fortsetzung

[1]) Vergl. Braun J., in Berichte der Schweiz. Botan. Gesellschaft, Heft XIV (1904); in Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens XLVII (1905).

[2]) Die Adventivflora (mit Ausnahme der von A. Thellung beobachteten Aroservorkommnisse), wie auch kritische Genera: *Rosa, Rubus, Euphrasia, Hieracium* u. a. müssen aus verschiedenen Gründen einer späteren Publikation vorbehalten bleiben.

bis Disentis, des Domleschg; ausserdem besuchte ich mehrfach Belfort, Oberhalbstein, Schams, ferner den südlichsten Zipfel der Mesolcina und die Talsohle des Unterengadins. In Arosa hat mein Freund Dozent Dr. A. Thellung-Zürich während eines längern Sommeraufenthaltes (1908) gesammelt und mir seine Beobachtungen zur Verfügung gestellt. Für diesen wertvollen Beitrag, sowie für anderweitige Unterstützung (Bestimmung und Revision mancher kritischen Arten) sei ihm auch an dieser Stelle mein herzlichster Dank ausgesprochen. — Ferner haben mich durch mündliche oder schriftliche Mitteilungen oder durch Zusendung von Pflanzen zu Dank verpflichtet: Herr B. Branger-St. Moritz, Herr und Frau Dr. Brockmann-Jerosch-Zürich, Herr R. Buser-Grand Lancy, Herr Prof. Dr. Correns-Leipzig, Fräulein M. v. Gugelberg-Maienfeld, die Herren Lehrer Ch. Hatz-Masans, stud. med. J. Jörger-Chur, Dr. O. Naegeli-Zürich, Direktor Dr. H. Thomann-Plantahof Landquart, Dr. A. Volkart-Zürich.

Die für den Kanton Graubünden neuen Arten und Varietäten und solche, deren Vorkommen bisher zweifelhaft war, die jetzt aber mit Sicherheit nachgewiesen werden konnten, sind ***fett gedruckt.*** Bei der umfangreichen, meist in periodischen Zeitschriften verstreuten Literatur über die Bündnerflora fällt die Uebersicht schwer; es ist daher nicht ausgeschlossen, dass die eine oder andere Art doch schon früher aus Graubünden angegeben resp. publiziert worden ist. Für bezügliche Belehrung, wie überhaupt für Mitteilungen, die kantonale Flora betreffend, werde ich stets dankbar sein.

Chur, im Juni 1910.

I. Verschiedene Notizen.

(J. Braun.)

Dryopteris Thelypteris (L.) A. Gray — Nahe der liechtensteinischen Grenze bei Klein Mels auf Bündnergebiet, spärlich in Sumpfmoospolstern. — Moorwiesen in der Talmulde von Lischgads (Seewis i/P.) 960 m, häufig.

Equisetum ramosissimum Desf. — Sehr reichlich in den Monti di Bassa bei San Giulio (Roveredo) 260 m auf trockenem Wiesboden und Wildbachschutt. Ferner auf Moesaalluvionen zwischen Oltra und Tetto, linkes Flussufer.

Lycopodium inundatum L. — Südwestufer des Stelsersees (Prätigau) 1680 m; viel häufiger und streckenweise fast alleinig in seichten Kolken am Stelserberg 1580 m, auf Torfboden. — In ständig feuchten Depressionen des Moors bei Lischgads (Seewis i/P.) 960 m.

Potamogeton crispus L. — Im St. Moritzersee (B. Branger; M. v. Gugelberg, schriftlich).

Potamogeton lucens L. — Laaxersee ca. 1000 m.

Scheuchzeria palustris L. — Nach Brügger Man. bei „Stels". Wahrscheinlich identisch mit dem Standort: Stelsersee 1680 m am Nord- und Ostufer in Kolken, wo ich letztes Jahr (1909) die Pflanze sammelte.

Setaria verticillata (L.) Pal. — Alt Felsberg an Mauern und in Maisfeldern mit *S. glauca* nicht selten. Bei Chur mehrfach, z. B. südlich der Kathedrale und hinter St. Luzi in Rebbergen.

Stipa capillata L. — Streng an die regenärmsten Striche unserer trockenheissen Föhntäler gebunden; dort hie und da an sonnigen Felshängen sogar bestandbildend; so am Vorsprung westlich von Scheid i/D. ca. 900 m und vereinzelt bis 1200 m und zwischen Rothenbrunnen und Tomils (woher sie schon Moritzi kannte). Reicht nordwärts bis Untervatz (Südosthang neben der Ruine Neuenburg 560 m). Auf Verrucanofelsen zwischen Felsberg und Tamins 700 m. Im Domleschg verbreitet!

Phleum paniculatum Huds. — Auf einer Exkursion mit Prof. Schröter bei der „Rüfi" unweit Trimmis gesammelt (Dr. A. Volkart, brieflich).

Holcus mollis L. — Steinige Weg- und Ackerborde zwischen Disla und Disentis 1080 m häufig.

Bromus japonicus Thunb. (det. Thellung). — Ackerunkraut im Emserfeld gegen Reichenau.

Trichophorum atrichum Palla — Gegen Alp nova oberhalb St. Moritz 2000 m (B. Branger in Hb. m.).

Mariscus Cladium (Sw.) O. Kuntze — Crestasee bei Trins 850 m, besonders am nordöstlichen, aber auch am westlichen Seeufer als Verlander; zahlreiche prächtige Stöcke! Der nächste bekannte Fundort ist das Bodenseeriet, vorarlbergerseits (cf. Wartmann und Schlatter l. c. p. 440).

Cobresia bipartita (Bell.) D. T. — Wohl mancherorts nur übersehen. Lenzerheide, auch am Seeausfluss 1480 m und an Wassergräben ob der alten Post 1520 m. Schanfigg, in den Peister Heubergen am Aufstieg zur Arflinafurka 2100 m, im Trichophoretum. Prätigau, Fideriser Heuberge „Bargaunis" 1900—2100 m, Bachränder, Flachmoore; Nordabfall des Mattlishorn: Am Ufer der Glunerseen 2130 m.

Carex incurva Lightf. — Auch im Grenzgebiet gegen St. Gallen und Glarus: An zwei Stellen des Tälchens von Bargis ca. 1550 m und 1700 m auf sandigen Bachalluvionen. — Im Aufstieg zum Segnespass, Südseite, noch bei 2450 m auf überrieseltem Felsschutt. — Nasse Allmendestrecken zwischen Samaden und Bevers.

Carex pauciflora Lightf. — Furnerberg, Ried am Hauptje 1580 m. Stelserberg, Hochmoor 1580 m. Valzeina, Flachmoor bei „Bünla“ am Kamm gegen Danusa 1750 m.

Carex brizoides L. — Misox, linke Talseite bei Cama-Rualta, bestandbildend in einer Sumpfwiese. Zwischen Gneissblöcken jenseits Roveredo am Berghang gegen Selvapiana 350 m.

Carex elongata L. — An Wassergräben im Moor bei Lischgads (Seewis i/P.) 960 m, häufig. Zweiter bündnerischer Fundort, (St. Bernhardin!).

Carex Heleonastes Ehrh. (von Kükenthal bestätigt!). — Prätigau, Furnerberg „Ried“ am Hauptje 1580 m. Auf nassem, vegetationsarmem Torfboden mit *Drosera anglica* und *Salix herbacea*, etwa 1 Dutzend starker Stöcke. Nordische Glazialreliktpflanze, die hier ihren höchsten schweizerischen Standort und zugleich ihr einziges Vorkommen im schweizerischen Alpengebiet besitzt. Nächste bekannte Fundstellen: Einsiedeln (Schwyz) und Seefeld bei Innsbruck (cf. *Dalla Torre* und *Sarnthein*, Flora von Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein I, Innsbruck 1906).

Carex ericetorum Poll. var. *membranacea* (Hoppe) Koch — Eine bisher vernachlässigte Spezies, die aber in Mittelbünden ganz allgemein verbreitet ist und einerseits bis 2720 m geht, anderseits in die xerothermen Föhntäler herabreicht (nördlich bis gegen Ems 620 m). — Es lassen sich im Gebiet nicht zwei konstant verschiedene Formen unterscheiden; im hohen Grase gelangt die Pflanze zu üppiger Entwicklung und ist dann der nordschweizerischen *C. ericetorum typica* äusserst ähnlich (vergl. Thellung pag. 269). — Auffällig ist bei uns ihr oekologisches Verhalten. In der Nordschweiz findet sie sich (n. Thell.) an den stark insolierten, trockenen obern Rändern der Hügelrücken, auf der Südseite der sogen. „Bückli“ in Gesellschaft von *Anemone pulsatilla*. Im bündnerischen Föhngebiet dagegen deutet ihr Vorkommen auf eine Pflanze mit mehr hygrophilen Ansprüchen; sie zieht die Nordexposition vor, die trockenen Südhänge *Carex nitida*, *Anemone montana*, *Medicago minima* u. a. überlassend. Nicht selten gedeiht sie an lange feucht erhaltenen Stellen mit *Selaginella helvetica*, so in grosser Individuenzahl

am Nordhang der Bergsturzhügel in „Tuleu“ bei Ems; auf Waldlichtungen am „Brühl“ zwischen Reichenau und Rothenbrunnen 700 m; nahe der Ruine Nieder Juvalt bei Rothenbrunnen 630 m (Thellung und Braun), am Nordwestabhang eines Hügels bei Bonaduz 660 m, Hügel bei Nivaigl (Obervaz) 1000 m Nordexposition, sodann in grösster Menge auf der ebenen Allmendstrecke zwischen Ems und Reichenau 620 m; Hügel bei Ruine Hasensprung (Domleschg); südwestlich Sagens (Oberland) in Nordexposition 750 m. Von charakteristischer Häufigkeit in den subalpinen und alpinen Tälern: Lenzerheide, Oberhalbstein, Albulatal (Alvaschein-Filisur, Bergün usw.), Wiesen und Landschaft Davos gemein, Arosa, Avers, Oberengadin, Münstertal gemein; auf dieser Höhenstufe mit Vorliebe an sonnig trockenen Hängen, auf ebenen, kurzrasigen Allmendestrecken, auch an Waldrändern, in Wiesen, auf überwachsenen Bachalluvionen, in lichten (besonders Lärchen-) Waldungen, im Legföhrengestrüpp; sowohl auf Kalk als auf Urgestein. — Rheintal: Am Calanda ob Felsberg 1460 m und am Gipfelgrat 2650 m; Domleschg: Feldis und Scheid 1300/1600 m; auf Kunkels (Thellung, mündlich). Höchste Standorte sind Hochgrätli (Avers) 2655 m; Piz Padella (Engadin) 2720 m.

Carex bicolor Bell. — Nahe der St. Gallergrenze (ob auch jenseits derselben?) am Miruttagrat (Bargis) 2550 m, in Humuspolstern, Kalkunterlage. — Innkies zwischen Samaden und Celerina (Braun 1910).

Carex polygama Schkur (C. Buxbaumii Wahlenb.). — Am Statzersee bei St. Moritz (B. Branger in Hb. Braun). Hier auch von Prof. C. Schröter gesammelt.

Carex pilulifera L. — „Konstante“ der Kastanienselven des untern Misox; häufig.

Carex nitida Host — Misox: Moesaalluvionen bei Roveredo San Giulio 290 m. Sandige Flussablagerungen gegenüber Leggia 330 m. Ist im Rheintal, obwohl verbreitet, bisher fast ganz übersehen worden. In Menge im Föhrenwäldchen am l. Plessurufer unterhalb Chur auf alten Flussablagerungen. Sandige Borde zu unterst am Rossboden bei Chur. Sehr häufig längs dem sandigen Strassenbord zwischen Felsberger Brücke und Schulhaus, sodann am Calandafuss bei Felsberg und an Dämmen gegen Felix Wingert; zwischen Felsberg und Haldenstein auf Sandhügeln (alten Flussdünen) des frühern Rheinlaufs häufig. Im Domleschg stellenweise sehr gemein, so zwischen Rodels und

Paspels, wo sie auf trockenen Hügelrücken öfter kleine Reinbestände bildet (mit *Medicago minima* und *Anemone montana*). Häufig in der Stipa capillata-Halde am Aufstieg von Rothenbrunnen nach Scheid. Fuss des Heinzenbergs am Bühl von Niederrealta 680 m mit *Medicago minima*. Isolierter Hügel „Pardisla“ (Domleschg) 650 m. Auf Rheinalluvionen zwischen Reichenau und Rothenbrunnen, am rechten Rheinufer unter jungen Föhren (Brockmann und Braun); Rhäzüns, sandiger Moränenboden südwestlich vom Schloss, mit *Medicago minima*. — *C. nitida* erweist sich bei uns als ausgeprägt xerotherme Föhnpflanze, sie steigt nicht hoch, während ich sie im westlichen Tessin (Bavona) noch bei 2200 m gesammelt habe.

Carex lasiocarpa Ehrh. — Häufig am St. Moritzersee (B. Branger in litt.). — In Torfgräben und kolkartigen Vertiefungen beim „Ried“ am Hauptje (Furnerberg) 1580 m eine zahlreiche Kolonie.

Juncus arcticus Willd. — Val Fex, am Bach 1900 m (B. Branger in Hb. Braun). Kiesige Stellen am linken Innufer von Samaden nach Celerina.

Juncus tenuis Willd. (teste Thellung). — Anscheinend völlig wild an Fusspfaden im Maienfelder Ried unterhalb der Station 500 m.

Gagea arvensis (Pers.) Dumort. — Scheint an ihrem bisherig einzigen Standort in Graubünden (Masans, Rothenturmäcker) erloschen; wurde aber neuerdings von Lehrer Ch. Hatz in Weinbergen im „Lürlibad“ ob Chur ca. 670 m entdeckt und später auch von mir dort gesammelt.

Allium suaveolens Jacq. — Schmückt zu tausenden das Klein-Melser Ried dies- und jenseits der Landesgrenze 480 m.

Allium strictum Schrad. — Felskopf der Ruine Guardaval (Madulein) 1750 m, Kalk, mit Stipa pennata. — Am linksseitigen Inndamm zwischen Samaden und der Flazmündung.

Orchis Morio L. ssp. ***pictus*** (Loisel.) A. u. G. Zwischen Paspels und Rodels im Domleschg (700 m) 1910, Thellung und Braun: in den xerothermen Gebieten Graubündens wohl weiter verbreitet.

Orchis coriophorus L. — Roveredo-San Giulio 280 m; Tetto bei Leggia 330 m in Wiesen; häufig am Mastrilserberg 600 m.

Orchis Traunsteineri Saut. — Misox, zwischen Orte und Tetto 330 m, Sumpfwiese; Maienfeld, unterhalb der Station im Flachmoor (teste M. Schulze). In Mittelbünden verbreitet.

Orchis incarnatus L. var. ***ochroleucus*** Wüstnei — Im Ried bei Klein-Mels nahe der Grenze, zahlreich.

Orchis maculatus × *Traunsteineri*. — Feldiseralp 1850 m an quelligen Stellen (teste M. Schulze).

Ophrys apifera Huds. — Castiel gegen Luen 1180 m in sonnigen Magermatten, ziemlich reichlich (Ch. Hatz in Hb. Braun). Wurde auch bei Landquart im Föhrenwald gefunden (Dr. Thomann, mündlich). Ein einziges Exemplar unter Nussbäumen südwestlich Haldenstein (Ch. Hatz).

Nigritella nigra (L.) Rchb. × *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. — Zwischen Cröt und Platta (Avers) 1900 m (det. M. Schulze).

Limodorum abortivum (L.) Sw. — Wurde mir vom Mastrilserberg jenseits Landquart gebracht (Dr. Thomann, mündlich).

Spiranthes spiralis (L.) C. Koch — Zizers, auf den Windwiesen über dem Dorfe und bei Landquart (M. v. Gugelberg, schriftlich).

Listera cordata (L.) R. Br. — Hält sich konstant an üppige Moospolster der subalpinen Fichtenwälder, wo sie meist truppweise erscheint: Vorderurden am Weg zur Alp ca. 1500 m spärlich; Schrautobel ob dem Maiensäss „Veltlinis" 1350/1600 m mit Corallorrhiza; Taschinesbachtobel hinter Seewis 1500 m.

Liparis Loeselii (L.) Rich. — Steht in wenigen Exemplaren am Rand eines Riedgrabens etwa 5 Minuten nördlich der Station Maienfeld 510 m (eingesehen von M. Schulze). Erscheint erst wieder im untern Rheintal bei Marbach und am Bodensee (cf. Wartmann und Schlatter l. c. pag. 410).

Salix arbuscula var. ***Waldsteiniana*** × ***herbacea***. — Unter den Stammarten auf dem Alluvialboden „Segnes sut" oberhalb Flims nicht selten (gesammelt auf gemeinschaftlicher Exkursion mit R. Buser VIII. 08).

Salix albicans Bonj. — Wurde nach schriftlicher Mitteilung R. Busers von Lehrer Candrian (Samaden) am St. Moritzersee gesammelt.[1])

Salix aurita L. (teste Buser). — Stelserberg ob Schiers 1530 m, wenige sterile Sträucher an einem Wasserabzugsgraben, Boden torfig. Häufiger mit *S. cinerea* im Moor bei Lischgads (Seewis i. P.) 960 m. Bisher noch nicht mit Sicherheit aus Graubünden bekannt (cf. R. Buser in Seiler l. c. pag. 158/159).

Ostrya carpinifolia Scop. — Im Untern Misox, linke Talseite hie und da, vereinzelt und in kleinen Gruppen. So am Rande des Kastanienwaldes bei Monti di Bassa (Roveredo) 260 m, mehrfach, auch baumartig; bei Selvapiana zahlreiche junge Stämmchen.

---

[1]) Für das Isola-Delta bei Maloja, wo die Pflanze 1908 von Dr. G. Hegi entdeckt wurde (Thellung in litt.), schon in Schinz und Keller 3. Aufl. (1909) Nachtr. 648 angegeben.

Alnus rotundifolia Miller (*A. glutinosa* Gärtn.). — Ziemlich verbreitet am Moesaufer von Cama abwärts. — Diesseits der Alpen sehr selten: Umsäumt recht zahlreich den Lac la Cresta bei Trins 850 m.

Quercus pubescens Willd. — Auf Verrucanofelsen zwischen Felsberg und Tamins. Eine Gruppe am Rhein bei Ems. Trockener Hang am Tritt bei Oldis 560 m. Waldrand in der Isla gegenüber Reichenau. Chur, ob der kantonalen Turnhalle und am „Sand" an sonnigen, föhrenbestandenen Felshängen hinter der Mühle 650 m, neben *Dorycnium* und *Rhamnus saxatilis*. Steigt nicht hoch: Gyrsch am Kunkels 730 m; Südwesthang des Fläscherbergs bei Fläsch und am Ellhorn nahe der Liechtensteinergrenze ca. 700 m; im Aufstieg nach Guscha 1050 m an sonnigen Kalkfelsen. Oberhalb Maienfeld gegen die Steig in zahlreichen, mächtigen alten Stämmen.

Polygonum minus Huds. — Zizerser Ried, sumpfige, schlammige Depressionen neben der Schweizerischen Bundesbahn-Linie.

Polygonum mite Schrank — An der Bündnergrenze bei Klein-Mels 480 m, feuchte Wegborde, mit *Scrophularia alata*.

Chenopodium serotinum (L.) Huds. (teste Thellung). — Verbreitete Ackerpflanze im Churer Rheintal zwischen Fläsch und Felsberg. Mit *Chenopodium album* in Kornfeldern bei Maienfeld, Landquart, Untervatz, Rossbodenäcker gegen Felsberg. Auch an Strassen und auf Schutt bei Chur und Marschlins.

Chenopodium opulifolium Schrad. (teste Thellung). — Noch immer an mehreren Stellen um Chur.

Chenopodium glaucum L. (teste Thellung). — Nur einmal auf Schutt bei Chur beobachtet (wohl adventiv).

Heliosperma quadrifidum (L.) Rchb. — St. Antönien, Felsspalten neben der Weberlis Höhle am Plasseggenpass 2000 m, Kalk, spärlich. — Partnun (M. v. Gugelberg, schriftlich).

Tunica saxifraga (L.) Scop. — Ist nach schriftlicher Mitteilung von Lehrer Hatz um Castiel verbreitet an sonnig trockenen Vorsprüngen bis ca. 1230 m. Auch noch bei Lüen ca. 1000 m.

Dianthus deltoides L. — In den Wiesen am Nordfuss des Hügels „Danisch" bei Bonaduz 660 m. Davos-Glaris gegen Ardüs mehrfach.

Sagina ciliata Fries (teste Thellung). — Vor Roveredo am Strassenbord häufig; Cama „Rualta" 340 m, sandige Allmende am Weg. Die Angabe bei Moritzi (Gefässpflanzen von Graubünden 1839 pag. 46), wonach *S. apetala* L. zwischen Bellenz und Roveredo vorkommen soll, ist wohl auf *S. ciliata* zu beziehen.

Minuartia tenuifolia (L.) Hiern — Erst neuerdings längs den Eisenbahndämmen von Norden her ins Bündner Rheintal eingedrungen. Häufig bei Maienfeld, spärlicher bei Landquart links der Brücke, jedoch nur am Bahndamm.

Anemone ranunculoides L. — Bei Igis ob dem Dorf gegen den Wald zu von Dr. A. Volkart wieder aufgefunden (schriftliche Mitteilung).

Anemone Pulsatilla L. — Scharenweise an den trockenen Dämmen der sogen. „Rohanschanze" nördlich Landquart (A. Volkart, Dr. Thomann, J. Braun). Dann östlich davon auf magern Bodenerhebungen in Menge und vereinzelt auch im offenen Feld längs dem Feldweg nach Malans; aber nur soweit nicht gedüngt wird. Der Standort „Russhof", wo noch Theobald die Pflanze sammelte, ist erloschen und zwar durch Umwandlung jener Terrainstrecke in Kulturland (Dr. Thomann, mündlich).

Callianthemum rutifolium (L.) C. A. Mey. — Neu für Avers: Nur sehr spärlich am Aufstieg zum Munt Cucalnair ca. 2450 m in Schneetälchen. Dürfte bei weiterem Nachforschen in der Umgebung wohl noch reichlicher anzutreffen sein.

Fumaria Schleicheri Soy.-Will. — Ober-Engadin: zwischen Samaden und Celerina auf Schutt 1750 m. (B. Branger in Hb. m.)

Barbaraea vulgaris R. Br. var. *arcuata* (Opiz) Crépin (teste Thellung). -- Schynpass; Strassenbord bei der Soliserbrücke.

Camelina microcarpa Andrz. — In Menge an einem steinigen Abhang vor Campi (Sils i D.) ca. 800 m, mit *Anchusa arvensis*, wohl aus Äckern.

Draba Hoppeana Rchb. — Avers, am Munt Cucalnair 2500 m im Felsgrus; Kamm zuoberst in der Schafalp Nursin (Schams) 2600 m, Kalk; Grat zwischen P. Tuff und Gelbhorn 2770 m.

Arabis pauciflora (Grimm) Garcke — Im Corylusgebüsch rechts der Soliserbrücke 920 m häufig. — Oberhalb Filisur 1050 m. — Nordseite des Burghügels von Canova (Domleschg) im Fichtenwald 800 m. — Oberhalbstein: Ausgang der Val Bunga am Fusse von Felsen 1350 m. — Tinzen, am Eingang der Val d'Err 1280 m und zwischen der Conterserbrücke und Salux unter Gebüsch am Wegrand. — Äbigrat (Jeninseralpen) Südostseite 2000 m, zahlreich.

Arabis auriculata Lam. — Nach Belegexemplaren im Hb. Brügger sammelte Moritzi diese Art im Mai 1826 „an Felsen unterhalb Rodels". Erst 84 Jahre später (1910) wurde sie daselbst wieder aufgefunden; unter Gebüsch an nicht leicht zugänglicher Stelle der Felspartie nördlich von Rodels ca. 680 m (Braun und Thellung).

Arabis Halleri L. — Am Berghang zwischen Celerina und Samaden und bei Bevers in Wiesen. Nach M. v. Gugelberg bei St. Moritz.

Drosera anglica Huds. em Sm. — Gemein im Moor bei Lischgads (Seewis i. P.) 960 m mit *D. rotundifolia* und *D. obovata*. — Ried am „Hauptje" (Furnerberg) 1580 m auf Torfboden, mit *D. rotundifolia*.

Sedum villosum L. — Im Beversertal zwischen der ersten und zweiten Alp auf Moorboden 2100 m. (B. Branger in Hb. Braun.) Silsersee am Weg nach Crestalta und beim Ausfluss des Statzersees (M. v. Gugelberg, schriftlich).

Sedum rupestre L. — Zahlreich am Felshang unterhalb Waltensburg 900 m, Urgestein. Sonst in Graubünden nur transalpin!

Saxifraga biflora All. — Stäzerhorn im Schiefergeröll (H. Brockmann-Jerosch, schriftlich).

Sorbus torminalis (L.) Crantz — Nach Schinz und Keller III. Aufl. 1909 in Graubünden fehlend. Wurde zuerst von Dr. Volkart in der Livisuna bei Malans (mündliche Mitteilung) und später von mir am Waldrand ob Mastrils ca. 730 m aufgefunden. In der Livisuna oberhalb Malans zwischen 700 und 950 m in zahlreichen Sträuchern (Braun 1910).

Fragaria viridis Duchesne — Auf trocken-sonnigen Allmendestrecken nahe dem Hof Ravetsch (Eingang ins Domleschg am rechten Rheinufer) 640 m, reichlich. — Jenins, Rain neben dem Wasserreservoir 650 m, nicht häufig.

Potentilla alba L. — Der klassische Standort unweit der Ruine Canova (Domleschg), wo schon Moritzi (l. c. 1839) die Pflanze sammelte, scheint im Erlöschen. 1908 fand ich kein einziges Exemplar mehr; 1909 nur ein schwaches Stöcklein. Dagegen konnte ich ihr Vorkommen im untern Misox konstatieren. Sie gedeiht hier, unweit S. Giulio-Roveredo bei „Monti di Bassa" 260 m, recht zahlreich an mehreren Stellen in Magerwiesen.

Potentilla micrantha Ramond — Nach einer alten unsichern Angabe im Val Bevers (Ober-Engadin). Von Brügger im Mairatal jenseits der Schweizergrenze angegeben. — Recht verbreitet fand ich die Art im zentralen Oberland: Oberhalb Ruis unter Gebüsch; Panix gegen die Kapelle S. Valentino ca. 1300 m; Danis, hinter dem Dorf auf Verrucanofelsen und unter Gebüsch häufig 850 900 m; Schlans „Cultira" 1100 m, Corylushecken; Truns 900 m am Ausgang des Val Puntaiglas unter Weisserlen.

Potentilla rupestris L. — Bündner Oberland: Capeder und Dardin 1000 m.

Potentilla nivea L. — Plattenhorngrat (Avers) 2640 m (westlich. Ausläufer der Weissberge ob Cresta) im Kalkgrus mit *Potentilla frigida, Crepis jubata,* nicht häufig. Zahlreicher findet sie sich am Munt Cucalnair ca. 2500 m, woselbst sie mit Vorliebe die windexponierten Elynapolster aufsucht. Hier ist die seltene Spezies zuerst von Prof. C. Schröter (mündl. Mitteil.) entdeckt worden.

Alchemilla alpina L. sensu stricto.[1]) — Dreibündenstein ob Chur 1800—2150 m, Humuspolster, Vaccinietum; kalkarmer mit erratischen Gneisblöcken übersäter Boden. — Zwischen Robi sut und sur (Kistenpass) spärlich, Vaccinietum auf Verrucano (R. Buser in litt.).

— *pallens* Bus. — Zwischen Alp Cassons und Segnes sut 2100 m Kalk (Buser und Braun). Von wenig oberhalb Brigels bis über Robi sur hinauf (R. Buser in litt.).

— ***amphisericea*** Bus. — Am Aufstieg von der Alp Cassons nach Segnes sut 2000 m, an einer Stelle im Geröll und in karrenartigen Rinnen schwach geneigter Kalkfelsen in ziemlicher Menge (Buser und Braun 1908).

— *nitida* Bus. — Häufig am Kunkelspass ob Tamins 1000—1300 m; Alp Scharmoin (Lenzerheide) 1700 m. — Am Lenzeralpweg im Kalkschutt 1900 m. — Dreibündenstein Nordgrat 2000 m, Magerweide. — St. Antönien Ascharina 1300 m. — Alp Robi am Kistenpass (R. Buser in litt.).

— *splendens* Christ — Auf Kalk und Verrucano von wenig ob Chicharolas bis in die Hälfte des Aufstiegs nach Robi sur (von Brügger entdeckt) (R. Buser in litt.).

— *incisa* Bus. — Hörnlipass über dem Urdensee 2300 m. hochgrasiger Steilhang, spärlich.

— *Othmari* Bus. — Brambruesch ob Chur 1450 m.

— *coriacea* Bus. — Von Chicharolas bis über Robi sut (Kistenpass) sehr häufig (R. Buser in litt.).

— *trunciloba* Bus. — Chicharolas und zwischen Robi sut und sur (R. Buser in litt.). — Fichtenwald der Alp Scharmoin (Lenzerheide) 1750 m. Piz Mirutta ob Bargis 2300 m. Schneelöcher, Kalk.

---

[1]) Nomenklatur nach R. Buser; die bisherigen Versuche, die Buserschen Arten unter eine Anzahl Sammelspezies (und Unterarten) zu subsumieren, entsprechen den tatsächlichen Verhältnissen nicht und müssen als unzulänglich bezeichnet werden. Meine Alchemillen haben fast ausnahmslos Buser zur Revision und teilweisen Bestimmung) vorgelegen.

Alchemilla straminea Bus. — Brambruesch ob Chur 1640 m. Lenzerheide „Sartons" 1700 m. Lenzeralp 2300 m Quellränder, Urgestein. Häufig am Aufstieg zum Kistenpass ob Brigels (R. Buser in litt.). Furnerberg (Prätigau) ca. 1600 m.

— ***frigens*** Bus. — Häufig auf den obern Weiden der Alp Robi sur (R. Buser in litt.). Segnes sut 2100 m, in Schneelöchern (Buser und Braun).

— *versipila* Bus. — Calanda „Hexenkessel" 2000 m, in Schneelöchern. Lenzeralp am Parp. Rothorn 2300 m, Quellränder. Piz Mirutta (Bargis) 2200 m, Schneelöcher, Kalk. Jeninseralp Ortensee 2000 m, Schneetälchen.

— *obtusa* Bus. — Miruttagrat (Ringelgruppe) 2200 m, Kalk, in Schneelöchern. — Chicharolas und Robi sur oberhalb Brigels (R. Buser in litt.).

— *reniformis* Bus. — Cresta Sartons (Lenzerheide) 1700 m. Alp Sanaspans am Rothorn 2300 m, Quellränder, Urgestein; ebenda bei 2000 m unter Legföhren, Kalk. „Gyrsch" hinter Tamins 730 m, Bachufer. Am Ausfluss des Lenzerheidesees 1480 m. Miruttagrat (Ringelgruppe) 2100 m, Kalk, Quellflur.

— ***glomerulans*** Bus. — Piz Mirutta ob Bargis 2300 m in Schneelöchern, häufig. — Segnes sut 2100 m (Buser und Braun). — Unterhalb Alp Robi sur und auf allen obern Weiden bis an den Südwest-Fuss des Piz da Dartgies, wo *pentaphyllea* anfängt (R. Buser in litt.).

— *tenuis* Bus. — Jeninseralp Ortensee 1650 m im Fichtenwald. Calanda, „Hexenkessel" 2100 m, Kalk, Schneetälchen.

— ***crinita*** Bus. — *A. vulgaris* L., die am Kistenpass ob Brigels zu fehlen scheint, wird hier ersetzt durch *A. crinita*, welche von unterhalb Chicharolas bis weit über Robi sur hinauf sehr häufig auftritt (R. Buser in litt.).

Agrimonia odorata (Gouan) Miller — Bezeichnend für das mittlere Bündner Oberland, dem übrigen Kanton fehlend. — Lichte Waldstellen, Gebüschränder, Hecken; sehr verbreitet längs der Landstrasse [Häkelfrüchte!], so vor Tavanasa 760 m; zwischen Truns und Rabius 920 m; Somvix 1040 m; unterhalb Disentis 1100 m häufig. Neben der Brücke über das Val Uldeunatobel bei Pardomat 950 m.

Colutea arborescens L. — Am Hang hinter dem Bad Rothenbrunnen 650 m (M. v. Gugelberg, Braun und Thellung). Ein Stock auf dem Rheinwuhr nahe der Liechtensteinergrenze bei Fläsch 510 m.

Astragalus Onobrychis L. — Irrtümlich für Chur (Rote Platte bis 1400 m, Felsen am Kaltbrunnertobel 1000 m) angegeben (cf. Berichte der Schweiz. Bot. Ges. XIV und Jahresber. der Naturf. Ges. Graubündens XLVII). Die Pflanze, welche zu diesem Irrtum Veranlassung gab, ist *A. leontinus* Wulf. Ich hielt letztere anfänglich (noch 1905) für die Varietät *Murrii* Huter des *A. Onobrychis*, welche ich nur nach der Beschreibung in Kochs Synopsis kannte. Nach Vergleich mit Originalexemplaren der var. *Murrii* (von Murr selbst gesammelt) erkannte ich meinen Fehler.

Coronilla coronata L. — Chur, in Tobeln unterhalb der St. Luzikapelle (1857, leg. Theobald). Seither nicht mehr beobachtet; wurde von mir erst letztes Jahr daselbst in etwa 10 Stöcken wieder aufgefunden.

Vicia dasycarpa Ten. (*V. varia* Host). — Domleschg, Canova am Rande eines Kartoffelackers, spärlich.

Euphorbia exigua L. – Zwischen Maienfeld und Jenins, Ackerunkraut (M. v. Gugelberg, teste Braun).

Fumana vulgaris Spach – Bündnerschieferfelsen bei der Soliserbrücke im Schyn ca. 930 m. (Herr und Frau Dr. Brockmann-Jerosch 1909 schriftlich, Braun 1910). Im vordern Oberhalbstein noch bei 1320 m am Kalkhügel Motta da Vallac bei Salux; höchster ostschweizerischer Standort. Auf der Landesgrenze am Ellhorn bei Fläsch an der obersten Gratkante der senkrecht-abstürzenden Felswände ca. 710 m.

Viola alba Besser var. ***scotophylla*** (Jord). — Zahlreich längs dem Saume des Buchenwaldes von Marschlins gegen die Klus (Rheintal) 610 m (Form ohne Stolonen). — Sehr typisch (mit langen Stolonen) oberhalb Jenins am Tobel gegen Malans ca. 650 m im Alnus incana-Gebüsch (Ch. Hatz und J. Braun 1910). — Von Seiler l. c. pag. 362 nach Brügger irrtümlich für Rheinwald und Reichenau angegeben: cf. Braun J. in Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubünden 1910, pag. 26.

Viola pinnata L. — Motta da Vallac bei Salux 1300 m, Kalkgeröll. — Im feinen Kalkschutt unweit Ruine Greifenstein (Filisur) 1160 m.

Epilobium montanum × roseum (teste Thellung). — Tschiertschen 1390 m im Strassengraben hinter dem Dorfe, inter parentes.

Seseli annuum L. — Sehr häufig auf Magerwiesen in Oldis bei Haldenstein 600 m. Prasserie bei Chur 720 m in Bromus erectus-Wiesen. Bövel zwischen Haldenstein und Felsberg im Bromus erectus-Typus 650–700 m, unter Steineichen. Rhäzüns „Runcaglia“

Nordfuss des Heinzenbergs 720 m. Wenig oberhalb Maienfeld und, nach M. v. Gugelberg, daselbst in höhern magern Wiesen und unterhalb der Festung gegen Balzers hinunter. — Oberland, unterhalb Waltensburg 850 m, nur sehr spärlich auf Felsgesimsen (Verrucano) mit *Andropogon Ischaemum*. Domleschg, Abhänge westlich Scheid 1300 m, Süd exponiert; am Feldiser Kirchhügel bis 1450 m. — Sonniger Vorsprung zwischen Rodels und Paspels 750 m (Braun und Thellung). Lugnez, Cumbels gegen Valgronda 1080 m.

Pyrola media Sw. — Prätigau, im Aufstieg von Jenaz nach Furna 1000 m, im Mischwald. — Schanfigg, Wald bei Calfreisen (leg. Ch. Hatz teste Br.). — St. Moritz; am Fläscherberg; hie und da vereinzelt im Steigwald ob Maienfeld (M. v. Gugelberg).

Andromeda poliifolia L. — Auf Torfboden in „Maunchas" zwischen Meierei und St. Moritz Bad 1800 m (leg. B. Branger in Hb. m.). Sphagnumpolster im Ried am „Hauptje" (Vorderprätigau) 1580 m, mit *Oxycoccus*.

Primula elatior (L.) Schreb. × *P. veris* L. em. Huds. — Zwischen Malans und der Klus, inter parentes. Am Mastrilserberg, mehrfach.

Primula integrifolia L. × *viscosa* All. (P. Muretiana Mor.). — Alpen oberhalb Ponte 2200 m (B. Branger in Hb. m.).

Androsace septentrionalis L. — Am Wuhrdamm des Beverin bei Bevers (B. Branger in Hb. m.) und auch zwischen Samaden und Zuoz am Inndamm nicht selten (B. Branger, schriftlich).

Pleurogyne carinthiaca (Wulfen) G. Don — Die alte Angabe Kistengrat 2760 m (Rütimeyer in Heer Niv. Flora und wohl danach auch in Gremli Exkurs. Flora und Schinz und Keller III. Aufl.) dürfte abzuändern sein. Es ist wenig wahrscheinlich, dass dieses zarte einjährige Pflänzchen am Kistengrat selbst vorkommt. Keiner der verschiedenen Botaniker, welche in den letzten Dezennien den Kistenpass überschritten, haben in dessen obersten Partieen *Pleurogyne* angetroffen. Dagegen wurde die Saumnarbe 1899 von Prof. C. Correns bei der Alp Robi, 2200 m entdeckt. Derselbe hatte die Güte, mir Belegexemplare mitzuteilen. Die begleitende Etikette lautet wörtlich: „Brigels, am Weg von der Alp Robi zum Kistenpass, noch nahe der Alp ca. 2200 m, leg. Dr. Correns". Nicht ausgeschlossen ist, dass Rütimeyer seine Exemplare an derselben Stelle aufgenommen hat, sich aber später des genauen Standortes nicht mehr erinnerte.

Cynoglossum montanum L. (*C. germanicum* Jacq.). — Meine bezügliche Notiz: „Glasaurertobel 1220 m" (in Beitr. z. Kenntnis etc., Berichte d. schweiz. Bot. Ges., Heft XIV, 1904) beruht auf Irrtum und ist zu streichen.

Nonnea lutea (Desr.) Rchb. — In grosser Zahl in Weinbergen unterhalb „Windeck" bei Chur quasi spontanea (entdeckt von Ch. Hatz, det. Braun). Augenscheinlich schon seit langem hier eingebürgert.

Lamium hybridum Vill. (det. Thellung). — In Kornäckern bei Andest ca. 1050 m. Diese Angabe hat bereits in Schinz und Keller III. Aufl. Aufnahme gefunden.

Limosella aquatica L. — Wurde 1908 und 1909 von mir im Zizerserried neben der Schweizer. Bundesbahn-Linie gesammelt, wo sie in einer Schlammpfütze recht zahlreich wächst. Dr. O. Naegeli (Zürich) fand sie sodann 1909 unweit der Station Pontresina am Eingang ins Rosegtal ca. 1800 m. (Thellung, brieflich).

Veronica Dillenii Crantz (vergl. Ber. d. Schweiz. bot. Ges. XIX [1910], Fortschritte der Floristik). — Diese für die Schweizerflora neue Art wurde von mir (1910) an verschiedenen Stellen im Münstertal, sowie bei Zernez (U.-Engadin) gesammelt und von Freund Thellung zuerst als *V. Dillenii* erkannt.

Veronica montana L. — Valzeina gegen „Loch" 1170 m, Waldlichtung, mit *V. officinalis* und *Mœhringia trinervia,* eine kräftige Kolonie.

Galium uliginosum L. — Im Phragmitetum des Riedes bei Klein-Mels 480 m, nahe der liechtensteinischen Grenze; Moor bei Lischgads (Seewis i/P.) 960 m; Mons oberhalb Tiefenkastel 1200 m; Reams (Oberhalbstein) 1280 m, Quellflur, häufig.

Galium rubrum L. — Diese insubrische (mediterrane) Art scheint im warmen Domleschg auf Bündnerschiefer recht verbreitet. — Neue Fundorte sind: Campi oberhalb Sils ca. 800 m an Gebüschrändern; vorspringende Felsrippe am Fuss des Johannissteins gegenüber Thusis 740 m, sonnige Felsen, mit *Phleum Bœhmeri, Potentilla argentea.*

Linnaea borealis L. — Runcawald bei Flims 1270 m, im moosigen Fichtenwald.

Valeriana supina L. — „Scesaplana-Rätscha" (Hausmann Fl. Tir. in Brügger Man.) ob auf österreichischem Boden? An der Scesaplana-Südwand ist die Art gemein im Kalkgeröll und in Felsritzen zwischen 2200 und 2650 m.

Valerianella carinata Loisel. — Recht zahlreich unter der, ihr habituell zum Verwechseln ähnlichen, *V. olitoria* hinter (westl.) dem Dorf Rodels 700 m, an trockenen, kurzrasigen Allmendestellen mit *Stachys germanicus;* ferner an der begrasten Strassenböschung zwischen Station und Dorf Rodels (Thellung und Braun).

Bryonia alba L. — Nicht mehr bei Chur! Die von Brügger in sched. aufs genaueste bezeichnete Fundstelle am Foralweg (dort wo der Fussweg den Fahrweg schneidet, links im Gebüsch) existiert nicht mehr.

Aster Linosyris (L.) Bernh. — In grosser Zahl an einer Stelle der Calandalehne zwischen Haldenstein und Bövel 620 m, Kalk. Bei Ems am Toma Gilli wieder aufgefunden (1909!); die Eichen, welche Moritzi (l. c. 1839, pag. 70) erwähnt, stehen nicht mehr und die Pflanze ist nur noch spärlich vorhanden. Rhäzüns „Cresta Bliema" 680 m und Hügel am Rande der Hochterrasse gegen den Rhein sehr häufig, Ende August tonangebend. Bei Tamins (M. v. Gugelberg, schriftlich).

Erigeron neglectus Kern. — Am Aufstieg zur Arflinafurka (Peister Heuberge) 2100 m.

Senecio Helenites (L.) Schinz et Thell. ssp. *Gaudini* (Gremli). — Casannatal 2200 m, auf überdüngten Stellen beim Alpstafel (B. Branger in Hb. m.).

Serratula tinctoria L. — Ried bei Klein-Mels; Fläscher und Maienfelder Ried häufig; dann noch als letzter Vorposten talaufwärts eine Kolonie im Zizerserried. Auch in trockenen Magermatten, am Ellsteig 700 m (Fläscherberg) und um Guscha 1100 m (M. v. Gugelberg und J. Braun); Livisuna ob Malans 800 bis 1000 m. — Im Misox jenseits Grono 350 m, auf berasten Felsgesimsen, Gneis.

Hypochoeris maculata L. — Fläscherberg, am höchsten Punkt des Fussteiges nach Ell 710 m, in Magerwiesen mit voriger Art.

Scorzonera humilis L. — Domleschg, Rothenbrunnen gegen den Rhein 620 m. — Im Rheintal nicht selten: im Untervatzerried; im Moliniaried unterhalb der Station Igis; Fläsch (schon von Moritzi gesammelt); Ried bei Klein-Mels. Um Maienfeld mehrfach (M. v. Gugelberg, schriftlich). — Prätigau: Moor bei Lischgads (Seewis) 960 m.

Taraxacum officinale Weber ssp. *obliquum* (Fr.) Schinz und Thell. — Diese bisher wenig beachtete Rasse findet sich häufig um Chur und im Domleschg in der Umgebung von Rothenbrunnen an kurz berasten Wegrändern, auf Rebbergmauern, Ruderal-

stellen etc., oft gemischt mit der ssp. *laevigatum* (Thellung und Braun); für Graubünden (ob Samaden gegen den Piz Padella 1950 m) bereits nachgewiesen von Handel-Mazzetti (Monogr. d. Gatt. Taraxacum [1907], 118).

Crepis jubata Koch — Avers, an mehreren Punkten des Grates zwischen Munt Cucalnair und Plattenhorn 2600—2650 m, Kalkgrus. Ober-Engadin, Casanellapass ca. 3000 m auf Kalk (B. Branger in Hb. m.). Samnaun, Inner-Viderjoch ca. 2700 m (F. Käser in Hb. m.). Am Fuss des P. da Dartgies (Kistenstöckli) oberhalb der Alp Robi (R. Buser in litt.).

Crepis vesicaria L. ssp. *taraxacifolia* (Thuill.) Thell. (teste Thellung). — Grasiges Strassenbord zwischen Trins und Tamins 750 m.

II. Beiträge zur Kenntnis der Flora von Arosa.

(A. Thellung.)

Die in den folgenden Zeilen niedergelegten botanischen Beobachtungen wurden in den Monaten Juni-Oktober 1908 anlässlich eines Kuraufenthaltes in Arosa gemacht. Mit Rücksicht auf die Kurvorschriften, die keine grösseren Exkursionen gestatteten, konnte in der Hauptsache nur die Höhenzone von 1500—2200 m durchforscht werden; die Beobachtungen aus grösseren Höhen sind ganz vereinzelt und können in keiner Weise auf Vollständigkeit Anspruch machen. Freund J. Braun-Chur hat in zuvorkommender Weise aus dem vollständigen Verzeichnis meiner Aroser-Funde diejenigen bezeichnet, die aus irgend einem Grunde bemerkenswert sind und daher hier publiziert werden sollen [1]), und war mir ausserdem bei der Bestimmung einiger kritischer Arten behülflich, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche. Ferner haben mich durch Bestimmungen und Revision kritischer Genera in dankenswerter Weise unterstützt die Herren: W. Becker-Ostran-Filehne (*Viola*), R. Buser-Genf (*Salix*, *Alchemilla*), Ing. A. Keller-Bern (*Cerastium*), M. Schulze-Jena (*Orchidaceen*), A. Volkart-Zürich (*Gramina*) und H. Zahn-Karlsruhe (*Hieracium*).

A. Spontane Flora.

Die für Graubünden oder die Schweiz neuen Arten und Formen sind ***fett*** gedruckt.

Cystopteris montana (Lam.) Desv. Hie und da.

---

[1]) Vergl. über die häufigeren Arten meinen Versuch einer populär gehaltenen Vegetationsschilderung: „Über die Flora von Arosa", Fremdenliste von Arosa, XIII. Jahrg. (1908), Nr. 17 (22. VIII.) und Nr. 18 (29. VIII.).

Blechnum Spicant (L.) With. Wald gegen Rütland (1700 m), unterhalb Furka-Obersäss (1700 m).

Equisetum limosum L. Am Unter-, Ober- und Prätschsee (1910 m) bestandbildend; Sumpfwiesen beim Seehof und ob Maran gegen die Prätschalp (1950 m).

E. hiemale L An der Plessur zwischen Stausee und Elektrizitätswerk (1560 m).

Lycopodium alpinum L. var. ***Thellungii*** W. Herter in Schinz und Keller Fl. d. Schweiz 3. Aufl. I (1909), 14 (spicis manifeste pedunculatis binis vel pluribus. Sporangienähren auf gegabeltem, 1—3 cm langem Stiel; vergl. auch Bernoulli Gefässkryptog. der Schweiz [1857], 84 und Milde Fil. Eur. [1867], 257. Diese Form unterscheidet sich von *L. complanatum* L. durch weniger starke Heterophyllie und zwerghaften Wuchs [Höhe der Äste bis 6 cm]). — Schwellisee (2050 m), Prätschalp (2020 m). — (Nach Bernoulli l. c. auch auf dem „Spitzberg bei Hospital" von Cramer gesammelt.)

Potamogeton natans L. Prätschsee (1910 m).

P. perfoliatus L. Ober- und Untersee (1740 bezw. 1700 m).

P. gramineus L. Untersee, im Ausfluss (Thell., J. Braun).

P. pusillus L. ebenda.

P. filiformis Pers. Abfluss des Obersees (schon Brügger), Untersee.

Scheuchzeria palustris L. Schwarzsee, 1730 m (zweiter [1]) Fundort im cisalpinen Bünden und wohl der höchstgelegene der Schweiz).

Trichoon Phragmites (L.) Schinz u. Thell. (*Phragmites communis* Trin.). Sumpfwiese ob Arosa-Kulm (1850 m), steril.

Cobresia bipartita (Bell.) Dalla Torre — Obersee (1740 m), Schwellisee, an Bächen ob Maran und dem Tschuggen (Thell.), Wiesenmoore gegen Churer Obersäss 2000—2100 m (Braun).

Carex microglochin Wahlenb. Schwarzsee, Obersee (schon Brügger), Melcherenbach beim Grand-Hôtel.

C. pauciflora Lightf. Schwarzsee (schon Brügger), Waldsumpf gegen Maran 1770 m (J. Braun, Th.).

C. diœca L. Schwarzsee (1730 m).

C. Davalliana Sm. var. glabrescens Pacher — Hochmoore am Schwarz- und Prätschsee; Obersee, Melcherenbach.

C. diandra Schrk. Schwarzsee (schon Brügger), Waldsumpf gegen Maran.

---

[1]) Die *Scheuchzeria* wurde von Brügger (laut handschriftlicher Notiz) schon 1856 bei Stels (Prätigau, bez. Landquart) gefunden. Dieser Fund wurde erst 1909 von Seiler (pag. 58) publiziert, derjenige vom Aroser Schwarzsee dagegen schon 1908 (Fremdenliste von Arosa, XIII. Jahrg. Nr. 17 [29. VIII.], pag. 2).

C. canescens L. Untersee, Schwarzsee, Prätschsee (1910 m), Sumpf ob Maran gegen die Prätschalp (1950 m).

C. mucronata All. Älplisee, Alteiner Wasserfall, Hautje ob Maran.

C. ericetorum Poll. Eine von der Pflanze der Ebene kaum unterscheidbare (vielleicht aber doch besser als *f. vegeta* der var. *membranacea* aufzufassende) Form: bei Beaurivage (1730 m), Arlenwald 2000 m (im lichten Wald von Pinus montana). — Var. membranacea (Hoppe) Koch: auf kurzrasigen Weiden, hie und da (in den gleichen Höhenlagen wie die vorige Form). — Das Verhältnis der Ebenen- und der Alpenform der C. ericetorum ist weiterhin zu prüfen! Möglicherweise ist die var. *membranacea* lediglich eine Standortsform der kurzrasigen Weiden.

C. limosa L. var. pauciflora Ascherson Fl. Brandenb. I, 2 (1864), 783 (= *C.* [limosa ssp.] *subalpina* Brügger [Fl. Cur. (1874), 53, nomen! et] in Jahresber. Naturf. Ges. Graub. XXIX, 1884/85 [1886], 121). — Schwarzsee 1730 m (schon Brügger), Obersee (1740 m), Prätschsee (1910 m), in zwei Sümpfen ob Maran gegen die Prätschalp (1950 und 1965 m).

Anmerkung. *C.* (*limosa*) *subalpina* Brügger wird von Kükenthal (Allg. Bot. Zeitschr. X [1904], 2 und in Englers Pflanzenreich 38. Heft, IV. 20. Cyperaceae-Caricoideae [1909], 506) auf Grund des Befundes im Brüggerschen Herbar zu *C. magellanica* gezogen. Es kann jedoch kein Zweifel darüber bestehen, dass Brügger, nach der Diagnose und den angegebenen Lokalitäten zu urteilen, unter seiner *C. subalpina* in erster Linie die subalpine Form der *C. limosa*, die Kükenthal (l. c. [1909]. 505) zu *C. limosa b*) *pauciflora* Ascherson zieht, verstanden hat. Gegenüber der Originalbeschreibung der letztern Varietät [„Niedrig (1/2'); weibliche Ährchen wenig (6—10) bth.; Deckb. schwarzbraun"] kommen bei der Brüggerschen Pflanze als weitere Unterschiede vom Typus der *C. limosa* hinzu: etwas breitere, nur im oberen Teil rauhe Blätter, weniger rauher bis fast glatter Stengel, oft mehr verlängertes Tragblatt der untersten ♀ Ähre, häufig weniger deutliche Nervatur der Fruchtschläuche[1]) — was Brügger zu der (gewiss irrigen) Auffassung einer Übergangsform zu *C. magellanica* (irrigua)[2]) verleitete. Da jedoch alle diese letztgenannten Merkmale wenig konstant sind — sie treffen z. B. nicht zu für die von Kneucker (Carices exs. Lief. VII [1899], Nr. 200!) unter dem Brüggerschen Namen ausgegebene und ebenso in der Allg. bot. Zeitschr. V (1899), 196 aufgeführte Pflanze von Gletsch im Oberwallis —, so glaube ich mit Kükenthal die Alpenform der *C. limosa* (*C. subalpina* Brügger sensu nostro) unbedenklich mit der aus Norddeutschland beschriebenen *C. limosa* b) *pauciflora* Ascherson vereinigen zu dürfen. Ich füge noch hinzu, dass ich auf die Frage der *C. subalpina* Brügger durch Freund Braun-Chur aufmerksam gemacht worden bin. — Die Var. *pauci-*

---

[1]) Die Deutlichkeit der Nerven des Fruchtschlauches hängt jedoch vom Reifegrad ab.

[2]) Schon Hegetschweiler (Fl. d. Schweiz [1840], 918) erwähnt eine angebliche Übergangsform *C. limosa-irrigua* vom Schwarzsee bei Davos.

flora scheint in Graubünden häufig (und zwar, wie schon Brügger hervorhebt, ausschliesslich) vorzukommen; ich sah Exemplare von Bergün (Culmann), Tinzen (mehrere Lokalitäten, 1750—1860 m, leg. Grisch), Statz-See bei Celerina (Krättli [?]). Ausserdem gibt Rhiner (Ber. St. Gall. Naturw. Ges. 1893/94 [1895], 169) die *C. limosa subalpina* Brügger auch aus den Urkantonen an (Stosstal, Faulensee im Erstfeldertal, Kernser Wildi); endlich gehört dahin das schon erwähnte Kneuckersche Exsikkatum von Gletsch.

C. flava ssp. ***lepidocarpa*** × ***Hostiana*** (= C. Leutzii Kneucker). Unter- und Obersee, häufig unter den Stammarten. (Vielleicht gehört zu diesem Bastard *C. xanthocarpa* Brügger bei Seiler pag. 118 von Staz [O.-E.].)

Luzula campestris (L.) Lam. et DC. ssp. multiflora (Ehrh.) A. et G. var. alpestris R. Beyer (von der häufigen *L. sudetica* [Willd.] Lam. et DC. sehr schwer abzugrenzen!). Wälder bei Hohenfels und gegen Rütland.

Streptopus amplexifolius (L.) Lam. et DC. Am obersten Weg nach Maran (1870 m), Wald gegen Rüti und unterhalb der Furkawiese.

Orchis[1]) incarnatus L. Untersee (1700—1730 m), Seehofwald.

O. Traunsteineri Sauter — Häufig in Sümpfen bis 2000 m (ob Maran). — f. ***robustus*** Thell. (approbante M. Schulze), planta robusta (saepe 30—40 cm alta), caule stricto, (5—8 mm) crasso, foliis elliptico-lanceolatis 20 mm vel ultra latis. Pflanze kräftig, oft 30–40 cm hoch, Stengel steif aufrecht, (gepresst) 5–8 mm dick; Laubblätter elliptisch-lanzettlich (oder das zweitunterste etwas über der Mitte am breitesten), 2—2,3 mm breit (also noch breiter als an der f. *latissimus* [Klinge] A. und G., der eine Blattbreite von bis zu 1,6 cm zugeschrieben wird). — Untersee, Seehofwald, neben dem Typus. — Nach dem Urteil von Herrn M. Schulze deuten auf einen Bastard mit *O. latifolius* lediglich allenfalls die sehr breiten Blätter; im übrigen stimmt das Grössenverhältnis der Blätter (das zweitunterste am grössten), sowie die Lippenform, mit *O. Traunsteineri* überein. — Ob vielleicht als Form der Rasse *Russowii* (Klinge) A. und G. aufzufassen? Letztere ist in typischer Ausbildung nur aus N.-O.-Europa bekannt, doch werden „nahestehende Formen" auch aus Oberbayern angegeben; vergl. A. u. G. Syn. III, 730 (1907).

O. incarnatus × ***Traunsteineri*** M. Schulze in Österr. bot. Zeitschr. XLIX (1899), 167![2]). Untersee (häufig), Seehofwald.

---

[1]) Revidiert von Herrn M. Schulze in Jena.

[2]) Für diesen Bastard scheint kein binärer Name zu existieren. *O. Dufftii* Hausskn. in Mitteil. Geogr. Ges. Jena II (1884), 225!, welche Pflanze von ihrem Autor ursprünglich für *O. incarnatus* × *Traunsteineri* (l. c. pag. 224) gehalten wurde — auch Richter (Pl. Europ. I [1890], 274) verwendet den Haussknecht-

O. latifolius × ***Traunsteineri*** (= O. Dufftianus M. Schulze 1894). Obersee, Schwarzsee, ob Maran gegen den Tschuggen (1900 m) (am letztern Fundort wohl nicht-hybride Zwischenform).

O. maculatus[1]) × ***Traunsteineri*** (= O. jenensis Brand). Unter-, Ober- und Schwarzsee, Seehofwald, stellenweise häufig.

Gymnadenia odoratissima × Nigritella nigra (= *Gymnigritella Heufleri* [Kerner] G. Camus): Älplisee, Plattenhorn (teste M. Schulze).

Listera cordata (L.) R. Br. Wald gegen Rüti (an mehreren Stellen, teilweise ziemlich gesellig), Fuss des Schafrückens 1730 m (sehr spärlich).

Salix reticulata L. var. sericea Gaudin — Zwischen Schwelli- und Älplisee.

S. arbuscula var. ***Waldsteiniana*** × ***incana*** (*S. arbuscula* × *incana* Thell. in A. et G. Syn. IV, 304 [1909] = S. Thellungii O. v. Seemen ibid.). An der Plessur ob dem Stausee (1610 m), inter parentes. Bis jetzt der einzige Fundort dieses Bastardes.

Urtica urens L. Um Wohnhäuser und Heuschober in Inner-Arosa, bis zu Kulm (1850 m) aufsteigend.

Silene nutans L. var. livida (Willd.) Otth – Z. B. Tschuggenhalde.

Cerastium caespitosum Gilib. ssp. fontanum (Baumg.) Schinz u. Keller (teste A. Keller). Schwarzsee, Welschtobel.

Minuartia biflora (L.) Schinz u. Thell. Schwellisee-Höhe (2000 m), zwischen Hautje und Brüggerhorn (2150 m).

Saxifraga aphylla Sternb. Welschtobel, Schafrücken (unter der Mittagslücke).

Sorbus Chamaemespilus (L.) Crantz var. discolor Hegetschw. (= *S. Hostii* Gremli ex p. ?). Zwischen Postplatz und Hof Arosa (nach freundlicher Mitteilung von Herrn Präsidenten Mettier sicher nicht gepflanzt).

Comarum palustre L. Häufig, ob Maran bis 1950 m.

Alchemilla[2]) Hoppeana (Rchb.) Dalla Torre sens. ampl. (Schinz u. Keller):

---

schen Namen als Binom für den fraglichen Bastard —, ist nach freundlicher Mitteilung von Herrn M. Schulze eine Form von *O. incarnatus* (Übergang zur Var. *serotinus* Hausskn. [1894], die der Autor früher mit *O. Traunsteineri* verwechselte); M. Schulze gab dann später (1894) dem Bastard *O. latifolius* × *Traunsteineri* den etwas veränderten Namen ***O. Dufftianus***. ***O. Dufftii*** Hausskn. wird von Ascherson und Graebner Syn. III (wohl absichtlich?) völlig übergangen.

[1]) Brügger gibt von Arosa (1740 m) O. maculatus L. var. elodes (Griseb.) Rchb. an. Eine von mir im Seehofwald bei ca. 1730 m gesammelte, schmalblätterige und zierliche Form von *O. maculatus* gehört nach M. Schulze noch nicht zu der echten Var. elodes.

[2]) Bestimmt von Herrn R. Buser-Genf.

a) A. alpigena Buser: sehr verbreitet, z. B. Seehof, Untersee, Plessur bei der alten Säge, Maran, Arlenwald, zwischen Kulm und Schwellisee, Älplisee;

b) A. nitida Buser: anscheinend seltener; Mühleboden, Poststrasse ob dem Obersee.

A. vulgaris L. sens. latiss.:

I. ssp. euvulgaris A. u. G.: A. subcrenata Buser: Untersee (1700—1730 m);

II. ssp. alpestris (Schmidt) A. u. G.:

a) A. alpestris Schmidt sens. strict.: Untersee;

b) A. obtusa Buser: Untersee;

III. ssp. coriacea (Buser) A. u. G.: A. straminea Buser: Untersee bei Beaurivage, Maran.

Trifolium repens L. cf. var. alpinum Schur (= var. *Orphanideum* Boiss.). Eine eigentümliche, anscheinend mit keiner beschriebenen völlig übereinstimmende Form findet sich auf Serpentinschutt zwischen Maran und dem Arlenwald (1950 m).

Phaca alpina L. Ob dem Älplisee.

Geranium silvaticum L. var. brachystemon Godet — Wiesen bei Beaurivage. Ist wohl nicht als eigentliche Varietät, sondern als fast rein weibliche Form der zur Gynodiœcie neigenden Pflanze aufzufassen.

Viola palustris L. Schwarzsee 1730 m (schon Brügger), Prätschsee (1910 m).

Epilobium montanum L. var. ***Thellungianum*** Léveillé in Fedde Repert. V (1908), 194 [1]. f. latifolium (Haussk. sub *E. montano*). — Hohenfels, Wald ob dem Schwarzsee und bei Rütland (vergl. Le Monde des Plantes 11e année [2e sér.] Nr. 55 [janv. 1909], 1).

Die Pflanze vom letztern Fundort weist deutlich verlängerte, unterirdische Stolonen am Stengelgrund auf und nähert sich dadurch noch mehr dem *E. Duriaei* Gay, dessen Vorkommen in Graubünden aus pflanzengeographischen Gründen sehr unwahrscheinlich ist. Es dürfte sich bei der Aroser Pflanze um jenen von Haussknecht (Mon. Epilob. [1884], 76) erwähnten Fall handeln. wo bei tiefer Lage des Rhizoms oder durch ein Hindernis, wie Baumwurzeln, Steine u. dergl., die Stockknospen sich unterirdisch weit zu verlängern genötigt sind (wie auch bei normal dicht rasigen Gräsern und *Carices* aus ähnlichen Ursachen „Pseudostolonen“ auftreten). Diesem Zustand des *E. montanum* entspricht nach Haussknecht l. c. das *E. silvaticum* Bor.

Epilobium collinum Gmelin — Auf Urgestein (auch Serpentin) nicht selten.

---

[1] S. Ber. d. Schweiz. bot. Gesellsch. XIX (1910), Fortschritte der Floristik (unter *Epilobium*).

E. palustre L. In Sümpfen verbreitet, ob Maran gegen den Tschuggen bis fast 2000 m.

E. nutans Schmidt (teste Léveillé). Prätschsee (1910 m), unter *E. palustre*.

E. alpestre × montanum (= E. Freynii Čelak. 1875 sec. v. Hayek = *E. Huguenini* Brügger 1881 = *E. pallidum* Tausch ex Hausskn. 1884). — Zwischen Stausee und Furka-Obersäss (vergl. Le Monde des Plantes 11[e] année [2[e] sér.] Nr. 55 [janv. 1909], 1).

An der Bildung eines Teiles der Bastardexemplare ist *E. alpestre* var. *fallax* (Léveillé sub *E. trigono*), d. h. die Form mit gegenständigen (f. *oppositifolium* [Hausskn.]) oder auch wechselständigen (f. *alternifolium* [Hausskn.]) Stengelblättern, beteiligt; die betr. Exemplare haben entsprechend gegenständige Blätter (= *E. Freynii* f. *oppositifolium* Thell.), während die Bastarde der Normalform des *E. alpestre* grösstenteils zu 3—4 quirlständige Stengelblätter aufweisen (= *E. Freynii* f. *verticillatum* Thell.). Damit soll jedoch selbstverständlich nicht gesagt sein, dass die gegenblätterige Form des Bastardes stets die var. *fallax* f. *oppositifolium* von *E. alpestre* zum Elter haben muss; das Merkmal der Gegenständigkeit kann selbstredend auch von *E. montanum* herrühren.

E. alsinifolium* × *palustre (= E. Haynaldianum Hausskn.). Untersee, Prätschsee, Sumpf zwischen Maran und dem Arlenwald; neu für die Schweiz (vergl. Le Monde des Plantes l. c. [1909], 1—2).

Hippuris vulgaris L. f. fluviatilis Weber — Sehr zahlreich in einem Waldsumpf zwischen Obersee und Maran, 1770 m (J. Braun, Th.).

Laserpitium marginatum W. et K. ssp. Gaudini (Mor.) Rchb. Hie und da in der nächsten Umgebung von Arosa (schon Brügger).

Pyrola secunda L. var. ***suborbiculata*** Thell. n. var. (foliis latitudine vix longioribus subobtusis. Laubblätter grösstenteils rundlich [kaum länger als breit], ziemlich stumpf; vielleicht als Helikomorphie [Ausbildung von Jugendblättern an der blühenden Pflanze] aufzufassen?). Wälder beim Schwarzsee und ob dem Obersee.

Rhododendron ferrugineum × hirsutum (= Rh. intermedium Tausch). Hie und da, besonders am Schiesshorn und Schafrücken, Schwellisee.

Oxycoccus quadripetalus Gilib. Schwarzsee 1730 m (schon Brügger).

Lysimachia nemorum L. Untersee (1720 m), relativ hoch gelegener Fundort.

Gentiana tenella Rottb. Älplisee.

G. solstitialis Wettst. (mit fast ungestieltem Fruchtknoten): beim Stausee (1610 m).

Myosotis silvatica (Ehrh.) Hoffm. f. **micrantha** Fiori in Fiori et Paoletti Fl. anal. Ital. II, 3 (1902), 370 (sub *M. pyrenaica γ silvatica*) et in Fiori, Béguinot et Pampanini Sched. Fl. Ital. exs. Nr. 137 in N. Giorn. bot. Ital. N. S. XII (1905), 193. Kronsaum nur 3—5 mm im Durchmesser. Diese Form unterscheidet sich von *M. arvensis* (L.) Hill dadurch, dass die Kronröhre so lang oder länger (bei *M. arvensis* deutlich kürzer) ist als der Kelch. — Wiesen beim Untersee, Wald beim Schwarzsee. Da ich *M. arvensis* um Arosa nur adventiv auf Schutt finden konnte, bin ich geneigt, die Angabe von M. intermedia Link von Arosa durch Moritzi nach Brügger (Seiler pag. 419) auf *M. silvatica* f. *micrantha* zu beziehen.[1])

Prunella grandiflora* × *vulgaris (= P. spuria Stapf). — Tschuggen, Obersee.

Veronica latifolia L. f. ***sublaciniata*** Thell. n. f. (foliis subinciso-serratis, lobis corollae partim incisis. Laubblätter tief- [fast eingeschnitten-] sägezähnig, Kronlappen teilweise eingeschnitten): Hohenfels.

Euphrasia Rostkoviana Hayne — Hie und da.

E. montana Jordan — Häufig; in höheren Lagen eine niedrige, kleinblütige, etwas zu *E. drosocalyx* neigende Form (Maran, Arlenwald).

E. hirtella Jordan — Schwendi-Tobel am Schiesshorn, zwischen Prätschalp und dem Roten Tritt.

E. drosocalyx Freyn (det. J. Braun; im Gebiet meist E. minima × montana, daher Blüten grösser als bei *E. hirtella*). Flöka-Steine, Prätschli, ob Maran gegen den Arlenwald (2000 m), Tschuggen gegen „Hintere Hütte" (2000 m), ob dem Schwellisee (2000 m).

E. salisburgensis Funk — Häufig; var. purpurascens Favrat: gegen Maran; in höheren Lagen (ob dem Älplisee 2200 m, gegen das Weisshorn) eine niedrige Form mit stumpflichen, deutlich behaarten Blättern (= var. *minuta* Gremli?).

E. picta Wimmer[2]) — Zwischen Untersee und Rüti in Menge.

E. minima Jacq. In allen Höhenlagen gemein; var. pallida Gremli: gegen Maran.

---

[1]) Diese Form liegt im Herb. Helv. der Universität Zürich ferner vor von: W. (sur Vouvry), St. G. (Kreuzegg [sehr typisch!], Tweralpspitze, Azmoos), Sch. (Wutachtal), Gr. (Ofenberg, Puschlav; Tomils im Domleschg, mit *M. arvensis* und *silvatica*, 1910, Thellung und J. Braun); meist als *M. intermedia* bestimmt. So gehören alle Exemplare der *M.* „*intermedia*" vom Ofenberg (leg. Brunies) teils zu *silvatica*, teils zu *alpestris*.

[2]) Die schon von Schinz und Keller Fl. d. Schweiz 3. Aufl. I (1909), 493 als fraglich von Arosa erwähnte „E. versicolor Kerner", die sich vereinzelt unter E. picta fand, scheint mir heute eher eine schmächtige, schmalblätterige Form dieser letzteren Art.

Utricularia minor L. Schwarzsee 1730 m (J. Braun und Thell.).

Linnaea borealis L. wurde mir infolge einer diesbezüglichen Bemerkung in meinem Artikel „Über die Flora von Arosa" in der „Fremdenliste von Arosa" XIII. Jahrg. Nr. 17 (22. VIII. 1908), 1 am 24. VIII. ohne Angabe des Fundortes und Finders zugesandt[1]); beim Schwarz- und Grünsee, im Maranerwald, am Sanatoriumweg und beim Kalkofen, wo mir die Pflanze von Amateuren angegeben wurde, konnte ich sie trotz wiederholten Suchens nicht finden.

Valeriana supina L. Mittagslücke am Schafrücken, im Geröll bis ca. 2150 m herabsteigend (vom Schafrücken schon von Mettier im Jahrb. d. Schweiz. Alpenklub XXX [1895], 316 angegeben).

Adenostyles glabra (Miller) DC. var. ***calcarea*** (Brügger) J. Braun et Thell. ***comb. nov.*** (= *A. calcarea* Brügger in Jahresber. d. Naturf. Ges. Graub. XXIX, 1884 85 [1886], 100 ex descr. et loc.!; *A. crassifolia* Kerner Sched. fl. Austro-Hung. V [1888], 78 ex descr.). Unterscheidet sich vom Typus der Art durch unterseits + dicht graufilzige Laubblätter und ebensolche Stengel und Blütenstandsäste; von *A. Alliariae* durch die dickliche Konsistenz und regelmässige Zahnung der Laubblätter; von *A. tomentosa* durch die armblütigen Köpfe. — Hintergrund des Welschtobels (Brügger); zwischen Kalkofen und Alteiner Wasserfall, Welschtobel (Thell.). — Diese bemerkenswerte Varietät, die von den österreichischen Botanikern (auch Fritsch) als eigene Art aufgefasst wird, liegt im Herb. Helv. der Universität Zürich (wenigstens in angenäherter Ausbildung) noch vor von: Avers, unterhalb Cresta, 1897, Hans Schinz!; Breuge auf Walenstadtberg, 1902, Hans Schinz!

Erigeron neglectus Kerner (teste J. Braun). Schwellisee.

Gnaphalium norvegicum Gunnerus — Nicht selten, ob dem Mühleboden gegen den Schafrücken bis 1850 m ansteigend.

Senecio nemorensis L. Hie und da; Übergangsformen zu *S. Fuchsii* Gmelin: Sanatorium, zwischen Stauweiher und Grünsee.

Arctium tomentosum Miller — Bei der Sägmühle am Untersee, gegen Rüti; ob adventiv?

Carduus deflorato-Personata Michalet in Mém. Soc. Emul. Doubs 1854[2]) sec. Gren. Fl. Ch. Jurass. II (1869), 444; Brügger ex Rhiner Abrisse Tabell. Fl. (1868), 42 (*C. Personata* × *defloratus*

---

[1]) ob aus dem Maranerwald?

[2]) Nach Rhiner (Abrisse Tabell. Fl. [1868], 42) wäre der Bastard *C. personato-defloratus* im gleichen Jahre auch von Christ in Bull. Soc. Hallér. Genève (1854) — Rhiner gibt keine Seitenzahl an — aufgestellt worden; ich kann jedoch a. a. O. (2e Bull., 1853—54, pag. 33) nur *C. deflorato-nutans* Christ finden.

= C. Naegelii Brügger in Jahresber. Nat. Ges. Graub. XXIII—XXIV, 1878—80 (1881), 107; *C. Michaleti* G. Beck 1884; *C. Bambergeri* Hausm. ex Kerner 1888). Wiesen ob Schweizerhaus und bei Kulm. Kies der Plessur ob dem Stausee.

Cirsium acaule × oleraceum (= C. rigens [Aiton] Wallr., *C. decoloratum* Koch). Zwischen Elektrizitätswerk und Stausee (teste W. Gugler).

C. acaule × spinosissimum (= C. fissibracteatum Peterm.). Ob Kulm gegen Obersäss, ob dem Obersee gegen Maran.

C. heterophyllum × oleraceum (= C. affine Tausch 1845, *C. exaltatum* Brügger 1881). Zwischen Elektrizitätswerk und Stausee.

C. heterophyllum × spinosissimum (= ***C. hastatum*** [Lam. 1783 sub *Carduo*] Thell. ***comb. nov.*** = *C. purpureum* All. 1785 = *C. antarcticum* [Vill. 1789 sub *Carduo*] Mutel = *C. Hallerianum* Gaudin 1829 = *C. cervini* [Thomas] Koch 1837). Am Bach bei Valsana, Rütland.

C. oleraceum × spinosissimum (= C. Thomasii Naegeli). Ob Kulm gegen Obersäss ca. 1950 m (ohne *C. oleraceum*, das in dieser Höhenlage in der Regel nicht mehr vorkommt; der Fund bietet ein interessantes Beispiel für die Verdrängung einer Art durch einen an den betreffenden Standort besser angepassten Bastard), zwischen Elektrizitätswerk und Stausee.

Leontodon montanus Lam. Mittagslücke am Schafrücken.

L. incanus (L.) Schrk. Am Tschuggen (1900 m) und Schiesshorn (1800 m).

Crepis alpestris (Jacq.) Tausch f. Gmeliniana Frölich (Stengel ästig, mehrköpfig; sonst anscheinend, abgesehen von der mit der Verästelung des Stengels zusammenhängenden Vermehrung der Stengelblätter, vom Typus der Art nicht verschieden, aber vielleicht teilweise doch richtiger als erstes Glied der Bastardreihe alpestris-blattarioides aufzufassen): bei Sonneck, zwischen Post und Waldhaus, zwischen Untersee und Plessur, gegen den Grünsee.

Cr. alpestri-blattarioides Rhiner Abrisse tabellar. Fl. (1868), 43; Brügger Fl. Cur. (1874), 70 (= Cr. helvetica [*blattarioides* × *alpestris*] Brügger 1881 = *Cr. œnipontana* Murr). Überall wo die Stammarten zusammentreffen (schon von Brügger für Arosa angegeben), z. B. Wiesen ob dem Schweizerhaus, bei Sonneck, Hof Arosa, am Melcherenbach unterhalb des Schulhauses, zwischen Stausee und Grünsee 1700 m. Sehr polymorpher Bastard, bald mehr der einen, bald der andern Stammart sich nähernd und zwischen ihnen eine kontinuierlich gleitende Formenreihe bildend.

Crepis Jacquini × terglouiensis Fritsch Exkursionsflora für Österreich (1897), 613 (*Cr. Jacquino-hyoseredifolia* [sic] Muret in Jahresber. Naturf. Ges. Graub. N.F. VI, 1859—60 [1861], 239; *Cr. Jacquini* × *Soyeria hyoseridifolia* Muret et Rambert in Verh. Schweiz. Naturf. Ges. zu Samaden [1863], 50, 194; *Cr. hyoseridifolia* × *Jacquini* Kerner in Österr. bot. Zeitschr. XX [1870], 120; Gremli Exkursionsfl. Schweiz. 2. Aufl. [1874], 260; Cr. Muretiana [*Jacquini* × *hyoseridifolia*] Brügger in Jahresber. Nat. Ges. Graub. XXIII–XXIV, 1878—80 [1881] [1]), 110; *Cr. hybrida* [*chondrilloides* × *terglouensis*] Kerner Sched. fl. exs. Austro-Hung. I [1881] [1]), 62). Welschtobel, ein Exemplar mit *Cr. Jacquini*. Aus der Schweiz bisher nur vom Albula bekannt.

Hieracium [2]) Hoppeanum Schultes: verbreitet;

ssp. Hoppeanum (Schultes) N.P. γ) imbricatum N.P.: zwischen Arlenwald und Tschuggen (1950 m), bei Sonneck (1800 m); δ) subnigrum N.P.: Sonneck (1800 m), ob Schweizerhaus (1740 m);

ssp. virentisquamum N.P.: zwischen Hohenfels und Sonneck (1850 m).

H. Pilosella L.: gemein;

ssp. ***multisquamum*** N.P.: Mühleboden (1750 m), am Tschuggen (1900 m), zwischen Maran und Arlenwald (1950 m);

ssp. barbisquamum N.P.: Kies der Plessur bei der „Alten Säge" (1620 m);

ssp. subcaulescens N.P. α) genuinum 1) valdestriatum N.P.: gegen Maran (1820 m); β) coloratum 3) polyadenium a) majoriceps N.P.: Untersee (1710 m); δ) acutissimum N.P.: ob Schweizerhaus (1730—50 m), am Tschuggen (1900 m);

ssp. angustius N.P. α) genuinum 1) pilosum N.P.: gegen Maran (1800 m); 2) subpilosum N.P.: Mühleboden (1750 m); 3) epilosum N.P.: ob Beaurivage (1740 m);

ssp. stenophyllum N.P.: ob Beaurivage (1740 m).

× H. hypeuryum N.P. (= *Hoppeanum* × *Pilosella*):

---

[1]) Es ist mir nicht bekannt, ob dem Brüggerschen oder dem Kernerschen Namen innerhalb des Jahres 1881 die Priorität zukommt. Ich nehme den ersteren als gültig an, in der Voraussetzung, dass der betr. Band der bündnerischen Zeitschrift, der einen Jahresbericht für 1878—80 darstellt, jedenfalls zu Anfang des Jahres 1881 erschienen ist. Der Index Kewensis gibt übrigens Brüggers Publikation die Jahreszahl 1880.

[2]) Bestimmt von Prof. H. Zahn-Karlsruhe; Anordnung der Arten, Zwischenarten etc. nach des Autors „Hieracien der Schweiz" (N. Denkschr. d. allg. schweiz. Ges. f. Naturw. XL [1906], 161—728).

ssp. lamprocomum N. P. und ssp. acutum N. P.: Untersee (1710 m), inter parentes.

H. Auricula L. em. Lam. et DC.: gemein;

ssp. melaneilema N. P. α) genuinum 2) subpilosum N. P.: ob Schweizerhaus (1740 m); 3) stipitatum N. P.: beim Seehof (1720 m); 5) substriatum N. P.: Älplisee (2200 m);

ssp. Auricula (Lam. et DC.) N. P. α) genuinum 1) epilosum N. P.: ob Beaurivage und Schweizerhaus (1740 m), zwischen Hohenfels und Sonneck (1850 m); 9) obscuriceps N. P.: gegen Maran (1800 m).

× H. latisquamum N. P. (= *Auricula* × *Hoppeanum*):

ssp. brachylepium N. P.: zwischen Rhaetia und Hohenfels (1800 m), zwischen Hohenfels und Sonneck 1850 m (inter parentes, reichlich);

ssp. latisquamum N. P. α) genuinum 1) multipilum N. P.: zwischen Hohenfels und Sonneck.

× H. Schultesii F. Schultz (= *Auricula* × *Pilosella*):

ssp. Schultziorum N. P. α) *genuinum* N. P.: ob Beaurivage (1740 m);

ssp. pseudauriculiforme Zahn α) genuinum (N. P.) Z.: Untersee (1710 m).

H. furcatum Hoppe (= *glaciale* — *Hoppeanum*):

ssp. meiocephalum N. P. α) genuinum 2) brevipilum N. P.: zwischen Prätschalp und „Roter Tritt" (2000 m), am Tschuggen (1900 m), ob dem Schwellisee (2000 m);

ssp. flocciferum N. P. α) genuinum N. P.: Kies bei der „Alten Säge" (1620 m).

H. aurantiacum L. ssp. aurantiacum (L.) N. P. 1) longipilum b) subpilosum N. P.: ob Sonneck (1800 m); 1) longipilum et 2) brevipilum N. P.: ob dem Schwellisee (2000 m).

H. fuscum Vill. (= *aurantiacum* — *niphobium* N. P.) ssp. fuscum (Vill.) N. P. α) genuinum 1) virescens N. P.: Waldsumpf gegen Maran (1770 m); a) subpilosum N. P.: ob dem Schwellisee (2000 m).

H. bupleuroides Gmelin: nicht selten;

ssp. scabriceps N. P. β) polylepium 2) rhaeticum N. P.: Plessur bei der Alten Säge (1620 m), unterhalb der Kirche (1730 m), beim Schulhaus (1790 m), am Tschuggen (1900 m);

ssp. Schenkii (Griseb.) N. P. β) glabrifolium N. P.: unterhalb der Kirche (1730 m).

H. villosum L. ssp. villosum (L.) N. P. α) genuinum 1) normale a) verum N. P.: am Tschuggen (1900 m); 2) calvescens

N.P.: Fuss des Schafrückens (1620 m); 3) stenobasis N.P.: bei der Alten Säge (1620 m), Obersäss gegen Plattenhorn (2200 m).

H. villosiceps N.P.:

ssp. villosiceps N.P. 1) normale N.P.: Älplisee (2200 m); f. calvulum N.P.: ob Obersäss gegen Plattenhorn (2200 m);

ssp. villosifolium N.P.: Älplisee (2200 m);

ssp. comigerum Zahn (= comatulum N.P. non Jordan): Weide unterhalb der Kirche (1730 m).

H. glanduliferum Hoppe ssp. piliferum (Hoppe) N.P. β) multiglandulum N.P.: zwischen Schwelli- und Älplisee (2050 m), ob Obersäss gegen Plattenhorn (2200 m).

H. murorum L.: hie und da;

ssp. bifidiforme (Zahn): Maran gegen den Tschuggen (1900 m); α) genuinum 2) subefloccosum Z.: Kiesfläche bei der Alten Säge (1620 m), Fuss des Schafrückens (1700 m), Wald bei Hof Arosa 1750 m (f. microcephala), beim Seehof (1720 m); β) epitrichum 1) normale Z.: Fuss des Schafrückens (1700 m); 2) subefloccosum Z.: ob Kulm gegen den Schwellisee (1900 m);

ssp. semisilvaticum (Zahn): zwischen „Alte Säge" und Alteiner Wasserfall (1660 m); β) pilifolium Z.: Melcherenbach unterhalb der Kirche (1730 m);

ssp. gentile (Jordan) α) genuinum f. supracalvum Z.: am Tschuggen (1900 m), zwischen Tschuggen und Maran (1900 m);

ssp. crepidiflorum (Polak) β) attenuatum Z.: Wald ob Sonneck (1800 m).

H. bifidum Kit. (= murorum — glaucum): hie und da;

ssp. caesiiflorum (Almq.) α) genuinum 1) normale a) verum Z.: bei der Alten Säge (1620 m); 3) pseudoligocephalum Z.: ebenda und Maran gegen den Tschuggen (1900 m);

ssp. incisifolium Zahn: Alte Säge (1620 m), Älplisee (2200 m); α) genuinum Z.: Welschtobel (1700—1800 m);

ssp. cardiobasis Zahn: zwischen Alte Säge und Alteiner Wasserfall (1660 m), Fuss des Schafrückens (1700 m), Welschtobel (1700—1900 m);

ssp. scutatum (A.-T.) Zahn: Alte Säge (1620 m), Tschuggen (1900 m);

ssp. basicuneatum Zahn: Kiesfläche beim Stausee (1610 m).

H. Ganderi Hausm. (= bifidum — glaucum = murorum < glaucum):

ssp. Ganderi (Hausm.): Kiesfläche beim Stausee (1610 m); α) genuinum Z.: „Alte Säge" (1620 m);

ssp. Mureti (Gremli) Zahn: bei der Alten Säge (1620 m) häufig, Kies des Welschtobelbaches beim Alteiner Wasserfall (1660 m), Welschtobel (1700—1900 m), zwischen Kirche und Mühleboden (1700 m).

H. dentatum Hoppe (= murorum — villosum N. P.):

ssp. dentatiforme N. P.: Schwellisee (2000 m), zwischen Schwelli- und Älplisee (2050 m);

ssp. tigrinum N. P.: Alte Säge (1620 m), ob Kulm (1850 m);

ssp. dentatum (Hoppe) N. P.: 1) normale N. P.: Alte Säge (1620 m);

ssp. Gaudini (Christener) N. P.: Alte Säge (1620 m), unterhalb der Kirche (1730 m), am Tschuggen (1900 m), Schwellisee (2000 m), Älplisee (2200 m), ob Obersäss gegen Plattenhorn (2200 m).

ssp. basifoliatum N. P.: Alte Säge (1620 m).

H. incisum Hoppe (= murorum > villosum N. P. oder bifidum > villosum Zahn):

ssp. humiliforme Murr: am Melcherenbach unterhalb der Kirche (1700 m), Welschtobel (1700—1900 m);

ssp. ovale Murr: zwischen Kirche und Mühleboden (1700 m).

H. psammogenes Zahn (= incisum — bifidum Zahn = H. subincisum A.-T. ex p.):

ssp. psammogenes Zahn β) parcipilum a) verum Z.: Alte Säge (1620 m); γ) macrocladium Touton et Z.: ob Obersäss gegen Plattenhorn (2200 m);

ssp. laceridens Murr: ob Kulm (1850 m);

ssp. senile (A. Kerner) Zahn: Welschtobel (1700—1900 m), Älplisee (2200 m), ob Obersäss gegen Plattenhorn (2200 m);

ssp. oreites (A.-T.) Zahn: Fuss des Schafrückens (1700 m), Älplisee (2200 m).

H. caesium Fr. (= vulgatum — murorum — glaucum Zahn) ssp. psammogeton Zahn: ob Kulm gegen Schwellisee (1880 m), am Tschuggen (1900 m).

H. humile Jacq. ssp. lacerum (Reuter): zwischen Alte Säge und Stausee (1615 m).

H. alpinum L.:

ssp. melanocephalum (Tausch) 3) intermedium A.-T.: zwischen Arlenwald und Tschuggen (1950 m);

ssp. Halleri (Vill.) Gaudin 1) normale Z. a) uniflorum Gaudin f. verum et f. evolutum: zwischen Kulm und Schwellisee (1900 m).

H. nigrescens Willd. (= *alpinum* — *murorum* Zahn) ssp. pseudohalleri Zahn: zwischen Kulm und Schwellisee (1880 m).

H. atratum Fr. (= *alpinum* > *murorum* Zahn):

ssp. Schrœterianum Zahn: ob Kulm gegen Schwellisee (1900 m), Älplisee (2200 m);

ssp. dolichaetoides Zahn: ob Kulm (1850 m), am Tschuggen (1900 m).

H. rauzense Murr (= *alpinum* < *bifidum* Zahn — *H. atratum* — *bifidum*) ssp. ***bifidellum*** Zahn in Rchb. Ic. fl. Germ. Helv. XIX, 2 pag. 195 [1]) t. 155: ob Kulm gegen den Schwellisee (1880 m). In den „Hieracien der Schweiz" (1906) noch nicht erwähnt; aus unserm Lande bisher von der Maienwand (Grimsel) bekannt.

H. valdepilosum Vill. (= *prenanthoides* — *villosum* N. P.) ssp. raphiolepium N. P.: ob Sonneck (1800 m), Mühleboden (1750 m).

H. juranum Fr. (= *prenanthoides* — *murorum* Zahn):

ssp. prenanthopsis Murr et Zahn b) epilosum Z.: beim Waldhaus (1730 m);

ssp. juranum (Fr.) Zahn α) genuinum 1) normale a) verum Z.: Aroser Kalkofen (1720 m); 2) attenuatum A.-T.: ob Sonneck (1800 m); δ) ***acroastrum*** Favre et Z.: ob dem Schwellisee (2000 m).

H. integrifolium Lange (= *prenanthoides* < *murorum* Zahn) ssp. integrifolium (Lange) Zahn α) genuinum 2) ***papyraceum*** (A.-T.) c) attenuatum Z.: ob Sonneck im Wald (1800 m).

H. staticifolium All.: Alte Säge (1620 m), Mühleboden (rechte Talseite) 1740 m, Prätschsee (1910 m).

B. Adventivflora.

Die Adventivpflanzen oder Ankömmlinge im Sinne Höcks (d. h. Arten, die in einem Gebiet seit etwa einem halben Jahrhundert eingewandert) sind in der Gegend von Arosa als einem Landstrich, der vor 50 Jahren ein abgelegenes Wald- und Alpenland ohne Strassenverbindung war, in neuerer Zeit aber als aufstrebender Luftkurort von europäischem Ruf einen starken Verkehr aufweist, naturgemäss relativ zahlreich; von den ca. 680 in der eingangs erwähnten Höhenlage des Gebietes von 1500—2200 m beobachteten Arten (inkl. Unterarten und Bastarde) von Gefässpflanzen sind 110 oder 16 % als adventiv (im oben definierten Sinne) zu betrachten. Freund Braun lieh mir auch hier seine tatkräftige Unterstützung, indem er aus meiner Liste die Adventiva zur Publikation ausschied. Ein Teil dieser Pflanzen ist zweifellos durch den Wagenverkehr einge-

[1]) Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Zahn; in der mir zugänglichen deutschen Ausgabe („Deutschlands Flora . . .") findet sich die Art in Bd. XIX, 2 Lief. 25 (1909) pag. 258 et t. 155 publiziert.

schleppt worden, wie ihr Vorkommen längs der Landstrasse beweist; ein zweiter Teil, der sich besonders in Kunstwiesen findet, ist dort entweder absichtlich gesät oder die Samen sind als Verunreinigung von Saatgut unabsichtlich eingeführt worden; ein dritter Teil endlich, der vorzugsweise auf Schuttstellen anzutreffen ist, dürfte hauptsächlich mit Abfällen und Kehricht aus den Hotels (vielleicht auch von der Poststelle) dahin gelangt sein (einige Arten sind auch in der Gegend selbst kultivierte Zier- und Nutzpflanzen). Wenn daher in der folgenden Aufzählung von jeder Art angegeben wird, ob sie längs der Strasse, in Kunstwiesen oder auf Schutt angetroffen wurde, so ist damit zugleich auch die mutmassliche Art ihrer Einschleppung namhaft gemacht. Endlich soll noch bei jeder Spezies durch ein vorgesetztes Zeichen angedeutet werden, ob sie — soweit sich dies bei einmaliger Beobachtung beurteilen liess — als dauernd eingebürgert (*) oder nur vorübergehend verschleppt (†) zu betrachten ist.

† Phalaris canariensis L. Schutt gegen Rüti[1], ob Rhaetia.
* Phleum pratense L. var. nodosum (L.) Schreber — Wiesen und Weiden, hie und da.
* Alopecurus pratensis L. Kunstwiesen, nicht selten.
† Avena sativa L. Schutt gegen Rüti, am Obersee, bei Valsana. Seehof, Kulm (z. T. wohl var. *orientalis* [Schreber]).
* Arrhenatherum elatius (L.) M. K. Wiesen.
* Festuca pratensis Hudson — Wiesen, häufig.
*(?) F. pratensis × Lolium perenne (Gremli Exkursionsfl. ed. 3 [1878], 411; A. u. G. 1900 = F. ascendens Retz. = *F. loliacea* Curtis non Hudson). Wiese beim Seehof.
† Bromus secalinus L. Schutt beim Seehof.
*(?) Br. hordeaceus L. var. leptostachys (Pers.) Beck — Wegrand bei Hohenfels.
†(?) ***Br. racemosus*** L. (teste Volkart). Frisch angesäter Rain beim Schulhaus, spärlich [die übrigen Angaben aus Graubünden sind sehr zweifelhaft].
† Lolium multiflorum Lam. ssp. italicum (A. Br.) Schinz u. Keller — Hin und wieder auf Schutt.
† L. temulentum L. var. leptochaeton A. Br. (= var. *arvense* [With.] Babington) subvar. robustum (Koch) und subvar. speciosum (Koch). Schutt gegen Rüti.

[1]) Die im Folgenden kurz als „Schutt gegen Rüti“ bezeichnete Lokalität ist ein ziemlich ausgedehnter Schuttabladeplatz am alten Strässchen nach Rüti (Abhang gegen die Plessur) bei ca. 1670 m (auf der Karte als „Bruchhalde“ bezeichnet).

* Agropyron caninum (L.) Pal. Hie und da an Wegrändern.
* A. repens (L.) Pal. Schutt gegen Rüti.
† Triticum Spelta L. (teste Volkart). Schutt beim Schwellwuhr.
† Tr. aestivum L. (teste Volkart). Schutt beim Seehof, beim Schwellwuhr und gegen Rüti.
† — ssp. durum (Desf.) (teste Volkart). Schutt gegen Rüti.
† Secale cereale L. Schutt beim Postplatz und Schulhaus, gegen Rüti.
† Hordeum distichon L. Schutt gegen Rüti.
† H. vulgare L. Schutt am Obersee und gegen Rüti.
*(?) Juncus inflexus L. Schuttstelle beim Obersee.
* J. articulatus L. Unter- und Obersee, in dieser Höhenlage wohl nur verschleppt.
† Cannabis sativa L. Schutt beim Schulhaus und gegen Rüti.
† Rumex conglomeratus Murray — Schutt beim Schulhaus.
* R. crispus L. Hie und da, z. B. am Obersee.
* R. obtusifolius L. Z. B. am Obersee.
† Polygonum Persicaria L. Schutt am Obersee.
† P. lapathifolium L. Schutt beim Seehof.
* P. Convolvulus L. Wegränder und Schutt; ob Schweizerhaus, beim Schulhaus, gegen Rüti.
† ***Chenopodium Berlandieri*** Moq. ssp. ***platyphyllum*** (Issler). Schutt beim Seehof.
* Ch. album L. Hie und da auf Schutt.
† Agrostemma Githago L. Strassenrand am Obersee.
* Melandrium album (Miller) Garcke — Kunstwiese bei Bergheim.
* Stellaria graminea L. Am Postplatz (Rain), wohl adventiv.
* Sagina procumbens L. Untersee auf einem Zimmerplatz, auch in die Sumpfwiesen übergehend; Schutt beim Schulhaus (hier die Form mit grösstenteils 5zähligen Blüten = *S. saxatilis × procumbens* Brügger).
*(?) Arenaria serpyllifolia L. Schutt an der Poststrasse und gegen Rüti.
† Spergula arvensis L. Schutt gegen Rüti.
† Scleranthus annuus L. Schutt beim Seehof und bei Kulm.
† Papaver somniferum L. Verwildert ob „Rhaetia“, Schutt gegen Rüti.
† P. Rhœas L. Schutt gegen Rüti.
* Lepidium Draba L. Wegränder bei Valsana, beim Schulhaus und bei Kulm (1840 m).
† L. sativum L. Schutt bei „Rhaetia“ (wohl aus der Nähe verwildert).
† L. ruderale L. Schutt beim Seehof.

† Thlaspi arvense L. Schutt beim Schulhaus und gegen Rüti.

†(?) ***Sisymbrium pyrenaicum*** (L.) Vill. Künstlicher Rasenplatz bei Villa am Rein.

† ***S. orientale*** L. Schutt beim Seehof.

*(?) Brassica arvensis (L.) Scheele — Hie und da an Wegrändern und auf Schutt; var. orientalis (L.): Schutt beim Schulhaus.

*(?) Br. Rapa L. var. campestris (L.) Koch — Wie die vorige Art.

*(?) Erucastrum obtusangulum (Schleicher) Rchb. Wegränder bei Rhaetia und beim Postplatz.

*(?) Raphanus Raphanistrum L. Hie und da an Wegrändern und auf Schutt; oft var. flavus (H. Mart.).

† R. sativus L. Schutt am Obersee.

† Rapistrum rugosum (L.) Bergeret — Schutt beim Stauwehr.

† Barbaræa vulgaris R. Br. var. arcuata (Opiz) Crépin — Wegrand bei Hof Arosa.

*(?) ***B. intermedia*** Bor. Mehrere Schuttstellen beim Schulhaus: f. ***pilosa*** Thell. ***n. f.*** (caule, foliis, pedunculis et siliquis junioribus ± setulosis. Stengel, Blätter, Blütenstiele und junge Früchte ± borstlich behaart): Wegränder bei Hohenfels und unterhalb der Kirche [die gleiche Form wurde auch von Lüscher 1882 bei Zofingen gesammelt].

† Roripa silvestris (L.) Besser — Schutt beim Schulhaus.

† Capsella Bursa pastoris (L.) Medikus ssp. ***rubella*** (Reuter). Schutt beim Schulhaus.

† Arabis arenosa (L.) Scop. Schutt beim Schulhaus.

† Erysimum cheiranthoides L. Schutt bei Hohenfels.

† E. repandum L. Schuttstelle gegen Rütland.

* Alyssum Alyssoides L. Wegränder beim Postplatz und beim Schulhaus.

† Conringia orientalis (L.) Dumort. Schutt beim Seehof und beim Schulhaus.

* Medicago lupulina L. Wegränder und Rasenplätze, hie und da.

* Trifolium hybridum L. Rasenplätze und Wegränder, nicht selten; ssp. elegans (Savi) A. u. G.: Hohenfels.

† Vicia hirsuta (L.) S. F. Gray — Schutt beim Schulhaus.

† V. tetrasperma (L.) Mönch — Schutt beim Obersee.

† V. angustifolia (L.) Reichard — Schutt gegen Rüti.

† Lens culinaris Medikus (*L. esculenta* Mönch). Schutt gegen Rüti.

† ***Lathyrus Cicera*** L. Schutt gegen Rüti.

*(?) Geranium pyrenaicum Burm. Wegrand bei Hohenfels [im Schanfigg sehr gemein!].

† Linum usitatissimum L. Schutt beim Schulhaus und gegen Rüti.

† Viola tricolor L. ssp. arvensis (Murray). Schutt gegen Rüti.

† Oenothera biennis L. (?) (fol.). Kunstwiese bei Rhaetia.

† ***Bupleurum lancifolium*** Hornem. (*B. subovatum* Link, *B. protractum* Hoffmgg. et Link). Schutt gegen Rüti.

† Pastinaca sativa L. Schutt gegen Rüti.

† Myosotis arvensis (L.) Hill — Schutt gegen Rüti. Die übrigen Angaben aus dem Gebiet beziehen sich wohl auf *M. silvatica* f. *micrantha;* vergl. oben Seite 274.

† Lithospermum arvense L. Wegränder und Schutt; Kulm, Schulhaus, Seehof, gegen Rüti.

† Galeopsis speciosa Miller — Schutt beim Seehof 1720 m (in dieser Höhe wohl nur adventiv).

*(?) Lamium amplexicaule L. Wegrand beim Sanatorium, Schutt gegen Rüti.

* L. purpureum L. Wegränder und Schutt; Hof Arosa, Seehof, gegen Rüti.

* Salvia verticillata L. Wegrand (beraster Abhang) beim Postplatz.

† Solanum tuberosum L. Schutt beim Schulhaus und gegen Rüti.

*(?) Verbascum Thapsus L. Kunstwiese beim Sanatorium; ob kultiviert?

†(?) Linaria vulgaris Miller — Kunstwiesen ob Bristol und beim Waldhaus.

† Veronica arvensis L. Schutt beim Schulhaus.

† V. Tournefortii Gmelin — Schutt gegen Rüti.

†(?) V. agrestis L. Wegrand bei Hof Arosa (1750 m); bekanntlich die am höchsten ansteigende Art der „*Agrestes*".

† Plantago lanceolata L. Schutt an der Poststrasse.

*(?) — ssp. ***altissima*** (L.) Rouy — Kunstwiesen (Rasenplätze) bei Rhaetia, am Obersee und beim Schulhaus.

† Galium tricorne Stokes — Schutt beim Schulhaus.

† G. Aparine L. Schutt beim Seehof und gegen Rüti.

† G. Mollugo L. Kunstwiese bei Rhaetia.

† ***Campanula Medium*** L. Schutt beim Schulhaus (aus der Nähe verwildert).

† Tagetes spec. Schutt gegen Rüti (Blattexemplare, die Art daher nicht bestimmbar).

† Anthemis arvensis L. Wegränder beim Schulhaus und bei Valsana, Schutt gegen Rüti.

† ***A. ruthenica*** M. Bieb. Schutt beim Schulhaus.

† ***A. austriaca*** Jacq. Schutt beim Schulhaus.

† Achillea magna L. var. stricta (Koch) Fiori und Paoletti ? (nicht typisch). Schutt beim Schulhaus.

† Matricaria suaveolens (Pursh) Buchenau — Schutt beim Seehof.
† M. Chamomilla L. Schutt gegen Rüti [in Bauerngärten kultiviert].
† Chrysanthemum inodorum L. Kunstwiese bei Sonneck, Schutt gegen Rüti.
* Senecio vulgaris L. Wegränder, Schutt; hie und da.
* Cirsium arvense (L.) Scop. Sägmühle am Untersee (1700 m), Kunstwiese bei Bergheim (1730 m), Wegrand bei Kulm (1840 m); in dieser Höhenlage wohl nicht spontan.
† Lapsana communis L. Schutt beim Seehof.
*(?) Hypochœris radicata L. Kunstwiese bei Hohenfels.
* Picris hieracioides L. var. umbellata (Nees)? [1]) Kunstwiesen ob Bristol, bei Rhaetia und Sonneck.
† Sonchus asper (L.) Garsault — Schutt beim Schulhaus und an der Poststrasse gegen Kulm.
† Lactuca sativa L. Verwildert im Wald ob Rhaetia.
† Crepis vesicaria L. ssp. taraxacifolia (Thuill.) Thell. Kunstwiese bei Rhaetia, spärlich.
* Cr. biennis L. Kunstwiesen ob Bristol, bei Rhaetia und Sonneck; nicht sehr häufig [im Schanfigg gemein nach J. Braun].
* ***Cr. nicæensis*** Balbis — Kunstwiesen ob Bristol, bei Rhaetia und Sonneck; die häufigste der eingeschleppten *Cr.*-Arten, anscheinend gut eingebürgert (wohl neu für Graubünden). — Nach dem Indument der Hülle lassen sich drei anscheinend noch nicht beschriebene Formen unterscheiden (die auch in den Herbarien häufig gemischt vorliegen!):

α) ***scabriceps*** Thell. ***n. var.***, involucro setis flavidis saepe glanduliferis scabro et praeterea ± canescenti-pubescente. Hülle von gelblichen, oft drüsentragenden Borsten rauh und ausserdem ± grauflaumig. — Ob Schweizerhaus, bei Rhaetia und Sonneck.

β) ***tephrolepis*** Thell. ***n. var.***, involucro parce setuloso, sed magis canescenti-pubescente. Hülle wenig borstig, das graue Indument vorwiegend. — Mit der Var. *α*.

γ) ***laevisquama*** Thell. ***n. var.***, involucro laevi (non setoso), tantum ± canescenti-pubescente. Hülle glatt (ohne Borsten), nur ± grauflammig. — Bei Rhaetia.

---

[1]) Oder var. Villarsii (Jord.)? Haussknecht führt (Mitteil. Geogr. Ges. [Thür.] Jena III [1885], 285) die in Thüringen auf Kunstwiesen mit *Crepis nicaeensis, taraxacifolia* etc. beobachtete *Picris* als *P. Villarsii* Jord. auf. Die Unterschiede zwischen den beiden Varietäten sind mir nicht klar geworden: nach den Schweizerfloren ist die var. *Villarsii* durch schmälere, fast ganzrandige Laubblätter und frühere Blütezeit, die var. *umbellata* durch dunklere, weniger abstehende Hüllblätter ausgezeichnet, welche Merkmale sämtlich für meine Pflanze zutreffen.

III. Bemerkungen zur „Flora des Ofengebiets".

(J. Braun.)

Ich berührte dieses von Dr. St. Brunies bearbeitete Gebiet auf der Strecke Brail-Süs, welche ich Anfangs September 1909 per Velo zurücklegte. Die kurze zur Verfügung stehende Zeit gestattete mir leider keinen längern Aufenthalt, immerhin konstatierte ich, ohne etwa besonders auf „Neues" zu fahnden, eine Anzahl[1] von Brunies für sein Untersuchungsgebiet nicht angegebener Arten (durch einen Stern (*) vermerkt). Die kritischen Gattungen, deren Bestimmung noch nicht beendet ist, fehlen dieser Liste.

* *Equisetum hiemale* L. — Im Fichtenwald zu beiden Seiten der Strasse zwischen Survia und Zernez bei 1510 m, zahlreich.

Avena pratensis L. — Magere Trift zwischen Zernez und Val Sarsura 1480 m.

* *Festuca varia* Hänke — Auf Gneisfelsen zwischen Zernez und Süs.

* *Bromus erectus* Huds. — Zernez, Chasté Muottas 1500 m, hier scheinbar auf Urgestein!

* *Bromus hordeaceus* L. — Chasté Muottas in Kartoffeläckern. Brachland unterhalb Zernez, linkes Innufer.

* *Bromus secalinus* L. (det. Thellung). — Brachacker in der Ebene jenseits Zernez gegen Süs zu 1460 m.

* *Bromus multiflorus* Sm. (det. Thellung). — Ebendaselbst.

* *Agropyron caninum* (L.) Pal. — Nicht selten an Zäunen, Wegrändern und im Gebüsch. Schon bei Puntota 1660 m.

* *Agropyron repens* (L.) Pal. — An der Landstrasse bei Brail 1660 m. Auf Mauerschutt und an Strassenborden hie und da.

Carex incurva Lightf. — Am sandigen linken Innufer bei Zernez 1460 m, sowie unweit davon, bei der Mühle.

Carex diandra Schrk. und *C. Heleonastes* Ehrh. — „Fraele" (wohl beide nach Anzi in Brüggers Man.) extra fines! Bedürfen der Bestätigung. Erstere bei Fuldera und Münster.

* *Juncus arcticus* Willd. — Eine starke Kolonie am Mühlbach jenseits Zernez 1465 m.

* *Juncus compressus* Jacq. — Zernez am linken Innufer 1465 m.

* *Allium oleraceum* L. — Am Hügel von Chasté Muottas 1500 m, Südseite auf Felsgesimsen.

* *Salix daphnoides* Vill. — Zernez, bei der Innbrücke (det. Buser).

---

[1]) Anmerkung während des Druckes: Eine Velotour ins Münstertal [1910] ergab wieder mehr als ein Dutzend neuer Arten. Darunter *Astragalus depressus, Androsace septentrionalis, Rosa cinnamomea, Carex bicolor.*

Salix fragilis L. — „Zernez bei der Innbrücke in schönen Beständen, Brügger Man." Vergl. hierüber Buser bei Seiler 1909 l. c. pag. 154, der obige Notiz als äusserst unwahrscheinlich bezeichnet. Im Hb. Brügger (im Rhät. Museum in Chur) liegt ein Bogen mit *S. daphnoides* Vill. f. (det. Buser) (!) von Ponte-Bevers, die Brügger „*Salix fragilis* L." benannt hatte. Wir haben hier wohl den Schlüssel zur erwähnten irrigen Angabe in Brüggers Man., denn diese nämliche Form der *S. daphnoides* Vill. steht reichlich bei der Zernezer Innbrücke und zweifellos ist sie es, die von Brügger für S. fragilis L. gehalten worden ist.

* *Atriplex patulum* L. — An der Strasse zwischen Zernez und der Säge am Ausgang von Val Sarsura.

Minuartia mucronata (L.) Schinz und Thell. — Auch am Fuss von Chasté Muottas in Felsritzen, Urgestein; nunmehr fürs Ober-Engadin ebenfalls nachgewiesen: Auf der Südseite des Burgfelsens von Guardaval bei Madulein 1750 m in geringer Anzahl, Kalk!

* *Herniaria glabra* L. — Zernez, linkes Innufer 1465 m, auf teilweise überwachsenen Alluvionen.

* *Actaea spicata* L. — Hecke längs den Äckern unterhalb Zernez 1460 m.

* *Fumaria Schleicheri* Soy.-Will. — In Menge auf Brachäckern bei Zernez 1470 m.

Draba Wahlenbergii Hartm. „var. *heterotricha* Lindbl." — Am Murteragrat 2700 m (Brunies). — Alles was ich bisher unter diesem Varietäten-Namen aus Graubünden sah, hat sich als falsch bestimmt erwiesen (meist Krüppelexemplare von *D. carinthiaca* Hoppe!), weshalb ich die Richtigkeit obiger Angabe bezweifeln muss.

Turritis glabra L. — Brail, 1660 m, am sonnigen Vorsprung gegen Puntota.

* *Geum urbanum* L. — Am Ausgang der Val Sarsura im Gebüsch.

Ononis spinosa L., deren Vorkommen von Brunies (l. c. pag. 124) bezweifelt wird, sammelte ich an einer sonnigen, bebuschten Halde hinter Zernez östlich der Kirche bei 1480 m.

* *Trifolium hybridum* L. ssp. *fistulosum* (Gil.) A. u. G. — Wiesen zwischen Zernez und Val Sarsura, mit Grassamen eingeführt!

* *Vicia tetrasperma* (L.) Mönch — Brachäcker zwischen Inn und Spöl 1470 m.

* *Vicia hirsuta* (L.) S. F. Gray — Ibidem, häufig. Auch noch als Unkraut in den obersten Kornfeldern ob Scanfs 1720 m (Ober-Engadin).

* *Viola palustris* L. — In nassen Wiesen zwischen Survia und Suotvia bei Brail.
* *Aegopodium Podagraria* L. — Häufig in Äckern zwischen Zernez und Val Sarsura ca. 1460 m.

Gentiana anisodonta Borbás (*G. calycina* Wettst.). — Zernez, trockene Triften am linken Innufer 1465 m.

* *Cuscuta Epithymum* (L.) Murray — Unweit der Zernezer Kirche 1500 m.
* *Lycopsis arvensis* L. — Im Korn zwischen Zernez und der Säge 1460 m.

Myosotis arvensis (L.) Hill — Sämtliche Bruniesschen Belegexemplare (im Hb. d. Univ. Zürich) gehören nach Thellung (in litt.) teils zu *M. silvatica* var. *micrantha* Fiori, teils zu *M. alpestris*.

Dracocephalum Ruyschiana L. — Ziert den ersten Felskopf links der Ofenbergstrasse hinter Zernez 1500 m, Urgestein.

* *Stachys paluster* L. — Ackerunkraut unterhalb Zernez 1460 m.
* *Veronica arvensis* L. — Brachacker ebendaselbst.
* *Sherardia arvensis* L. — Im Korn ebendaselbst.
* *Erigeron Schleicheri* Gremli — Zernez in „Las Schanzas" 1490 m, Felsen an der Strasse nahe dem Val Raschitsch ca. 1520 m.

Centaurea phrygia L. ssp. *pseudophrygia* (C. A. Mey.) Gugler — Auch zwischen Zernez und Süs linkerseits in Fettmatten ca. 1450 m.

* *Lapsana communis* L. — Zernez, Brachäcker.
* *Sonchus asper* (L.) Gars. — Zernez, Unkraut in Gärten.
* *Picris hieracioides* L. — Südhang von Chasté Muottas 1530 m, steinige Stellen, Ackerborde.

Es ist auffallend, dass in dem, von Brunies während Jahren durchforschten Gebiet nun innert eines Nachmittags 31 neue Arten (die kritischen Genera abgerechnet) aufgefunden werden. Dies in Verbindung mit der allzu oft wiederkehrenden Wendung, „dürfte im Gebiet noch aufzufinden sein", lassen den Standortskatalog als ein schwaches Kapitel der Bruniesschen Arbeit erscheinen. Einige dieser, nach B. „noch aufzufindenden" Arten, z. B. *Ranunculus aduncus* Gren. et Godr., *Trifolium rubens, Salix repens, S. cinerea, Filipendula hexapetala, Frangula alnus*, auch *Lathyrus luteus, Pleurogyne, Alchemilla alpina* L. (letztere 3 cf. l. c. pag. 260) u. a. dürften m. E. im Ofengebiet vergeblich gesucht werden. — Warum verschiedene im Gebiet nicht nachgewiesene Arten wie *Solanum dulcamara, Mœhringia muscosa, Reseda lutea, Astragalus Onobrychis* u. a. in die Numerierung aufgenommen sind, während Grenzpflanzen sonst vom Autor in Anmerkungen oder doch ohne Nummern aufgeführt werden, ist mir nicht klar. Es ist das aber einigermassen irreleitend.

IV. Zur Flora des Unterengadins.

(J. Braun)

Dem Unterengadin, der pflanzengeographisch hochinteressanten Nordostecke Graubündens, waren meine achttägigen Ferien im Spätsommer 1909 gewidmet. An Hand der wertvollen „Flora des Unterengadins" von Killias (Chur, 1888) war es mir ein Leichtes, mich rasch mit den Besonderheiten der Unterengadinerflora vertraut zu machen. Aufgefallen ist mir dabei die Tatsache, dass die meisten wärmeliebenden Typen der über die Reschenscheideck eingewanderten Etschländerarten im Gebiet eine dichtere und zusammenhängendere Verbreitung aufweisen, als bisher angenommen wurde. Die Grosszahl derselben steht mit dem Vinschgauerareal jener Arten in zusammenhängender Verbindung. Ich habe diese südöstlichen Einstrahlungen speziell verfolgt und ihr Areal festzustellen gesucht. Fünf Spezies dieser Kategorie, nämlich: *Poa badensis*, *Agryopyron intermedium*, *Carex nitida*, *Seseli coloratum*, *Asperula glauca* (?), letztere vielleicht doch ursprünglich mit Grassamen eingeschleppt, waren bisher aus dem Unterengadin nicht bekannt. Es werden sich aber bei genauer Untersuchung sicher noch weitere solcher Neufunde ergeben.

Stipa capillata L. — Felsköpfe von Ardez nach Boschia (oberhalb „Flanoua") 1560 m; „Pazza" Granitfelsen östlich Remüs 1250 m; Bündnerschieferfelsen hinter Tschanüf am Ausgang der Val Sinestra 1250 m; hier neben dem, die sonnige felsige Tallehne weithin überziehenden, sparrigen Cytisusgestrüpp (*Cytisus radiatus*) tonangebend! Eine typische Steppenheidegenossenschaft[1]), begleitet von: *Lactuca perennis*, *Euphrasia lutea*, *Tragopogon dubius (major)*, *Centaurea Stoebe* L. ssp. *maculosa*, *Agryopyron intermedium*, *Poa badensis*, *Veronica prostrata*, *Tunica saxifraga*, diese Arten hauptsächlich im zusammenhängenden Bromus erectus-Rasen; während *Stipa*, *Cytisus*, *Stipa calamagrostis*, *Astragalus Onobrychis*, *Juniperus Sabina* mehr an den plattig-abwitternden Schieferfelsen auftreten.

Melica transsilvanica Schur — Im Gebiet weit häufiger als *M. ciliata*, von der sie sich habituell auf den ersten Blick unterscheidet. Merkwürdig, dass unseren ältern Floristen diese Verschiedenheit nicht aufgefallen ist. *M. transsilvanica*[2]) ist wie

[1]) Die grosse Mehrzahl der fürs Unter-Engadin so bezeichnenden Xerothermen ist östlicher, z. T. pontischer, z. Z. südostalpin-illyrischer Herkunft.

[2]) Dürfte mit Erfolg auch im benachbarten tirolischen Oberinntal gesucht werden!

Sisymbrium strictissimum eine Charakterpflanze der Ackerbauzone und hält sich wie jene mit Vorliebe an die steinigen von Gesträuch bewachsenen Ackerborde. Die Verbreitung der zwei Arten im Unter-Engadin stimmt ziemlich genau überein. Sie reichen beide von Martinsbruck bis gegen Guarda. — Höchstes notiertes Vorkommen beider: An Felsen der Ruine Umbrain westlich Fetan 1630 m.

*[1] *Poa compressa* L. — Bisher übersehen. — Von Martinsbruck bis über Ardez hinauf an vielen Stellen beobachtet; meist an kiesigen, sandigen Strassenrändern: Strada; oberhalb Crusch; Schuls-Gurlaina; Vulpera; Fetan gegen Val Tasna 1620 m u. a. O.

* ***Poa badensis*** Hänke (1797); *P. alpina III. badensis* A. u. G. (von Thellung eingesehen und bestätigt). — In typischer Ausbildung an heissen Abhängen um Remüs 1250 m, insbesondere bei der Ruine Tschanüf häufig; in Begleitschaft anderer Steppenpflanzen. Nach *Dalla Torre* und *Sarnthein* (Fl. v. Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein I pag. 236), auch bei Nauders, im Vinschgau und häufig im untern Etschtal und am Gardasee. Aus der Schweiz mit Sicherheit bisher nur in angenäherter Form vom Waadtländer Jura[2]) angegeben: St. Cergues 1797, Haller f. nach Hackel und Briquet in Ann. Cons. et Jard. bot. Genève X (1907), 62 (Thell. in litt.).

* *Festuca silvatica* (Poll.) Vill. — Steiles Tobel im Fichtenwald über den Tarasper Quellen 1280 m.

* ***Agryopyron intermedium*** (Host) Pal. vers. var. *dubium* (Gaud.) Thell. (teste Thellung). — Bestandbildend am trockenen flachgründigen Abhang neben der Ruine Tschanüf (Remüs) 1250 m. Bündnerschiefer. Schon aus grosser Entfernung durch ihr hell graugrünes Kolorit scharf von der Umgebung abstechend. (Im Hb. d. Univ. Zürich findet sich ein Exemplar, das Käser schon 1889 bei Remüs sammelte, Thellung in litt.).

Schoenoplectus Tabernaemontani (Gmel.) Palla — Ostufer des Taraspersees 1410 m, ein kleiner steriler Bestand, worunter nur zwei, spärlich blühende Stengel.

Cobresia bipartita (Bell.) D. T. — Flachmoor oberhalb Sparsels 1500 m.

---

[1]) Vorgesetzter Stern bedeutet: neu für das Unter-Engadin; **Fettdruck:** neu für Graubünden überhaupt.

[2]) Die Angabe „Unter-Engadin" bei A. u. G. Syn. II, 398 (1902) bezieht sich wohl auf das ausserschweizerische Gebiet (Nauders), wenigstens haben Hackel und Briquet (l. c), wie auch Volkart (in Schinz und Keller), der *P. badensis* nicht erwähnt, die zitierte Stelle so aufgefasst.

Carex diandra Schrank — Schwingender Boden am Taraspersee in der äussersten Randzone. Ebenso am Lai nair ob Avrona 1546 m.

* *Carex nitida* Host — Auf alten, jetzt fast ganz zu Wiesen umgewandelten Innalluvionen beim Schulhaus von Strada 1060 m.

* *Carex limosa* L. var. *pauciflora* Aschers. (*C. subalpina* Brügg.). — Torfboden am Ufer des Lai nair ob Avrona 1546 m. In Kolken am Taraspersee 1408 m. — Vergl. oben S. 269/70.

Allium strictum Schrad. — Süs, Felsen am Fuss des Guaud Vallauta 1450 m; Sasslatsch sura zwischen Süs und Lavin 1450 m Urgestein; Kalkfelsen am Weg ob Ardez nach Fetan („Bellezza").

Thesium bavarum Schrank — Remüs[1]) 1200 m (coll. Jak. Luzzi). Gebüsche zwischen Schuls und Sent 1300 m. Unterhalb Fetan bis 1400 m. Saraplana 1150 m.

* *Polygonum dumetorum* L. — Zwischen Granitblöcken nahe der Ruine Serviezel (Remüs) 1100 m. Im Gebüsch hinter dem Kurhaus Tarasp 1250 m.

Ranunculus sceleratus L. — In „Hanfrosen" ob der Ardezer Ziegelfabrik 1400 m, sowie immer noch zahlreich am Teich in „Craista", wo ihn schon Killias sammelte.

* *Fumaria Schleicheri* Soy.-Will. — Wohl die häufigste Art des Genus im Gebiet. Unter Gebüsch beim Schloss Steinsberg ca. 1500 m. Kiesgruben und Alluvionen am Inn bei Nairs-Tramblai 1220 m. Ziegenplatz am Tarasper Schlosshügel 1450 m; Weiler Sparsels auf Schutt; Schuls; Crusch Gebüschrand; Brachacker bei Martinsbruck 1040 m. Hieher ziehe ich sodann das Zitat bei Killias l. c. pag. 9 „F. Wirtgeni Koch (F. tenuiflora Fr.) in muris pagis Schuls» Gris. und Schenk in Linnaea XXV. pag. 589". Auch die F. Wirtgeni Koch, die Brügger (in Killias l. c. pag. 9) von Münster und Samaden angibt, dürfte hieher gehören. (Vergl. dagegen die Notiz bei Killias l. c. p. 10).

Capsella pauciflora Koch — Noch immer häufig an allen drei von Killias angeführten Standorten. Namentlich in Unmasse auf Mauerschutt um das Tarasperschloss. Dagegen scheint der einzige

---

[1]) *Thesium Linophyllon* L. (*Th. linifolium* Schrank) wird von Killias (Fl. d. Unter-Engadins [1888], 163) als *Th. intermedium* Schrad. „zwischen Remüs-Manas und Schleins, 1500—1700 m, Brügger 1856" angegeben; da jedoch die im Herb. Krättli unter dem Namen *Th. intermedium* liegenden Exemplare von Manas, 1856, leg. Brügger und Krättli, nach Thellung in litt. zu *Th. bavarum* gehören und in jener Gegend von neueren Sammlern stets nur *Th. bavarum* gefunden wurde, so ist *Th. Linophyllon* wohl für das Gebiet zu streichen. Es kommt dagegen im untern Münstertal vor [Braun 1910].

oberengadiner Fundort erloschen; ich wenigstens suchte das Pflänzchen bei der Ruine Guardaval vergebens. Möglich, dass es hier durch die vorgenommenen baulichen Umänderungen (Errichtung einer Wirtschaft in der Ruine) vernichtet worden ist.

Arabis nova Vill. — Unter Gebüsch im offenen Erdreich längs eines Feldwegs unterhalb Fetan 1430 m.

Potentilla rupestris L. — Auf den heissen Gneisfelsen des „Sasslatsch sura" zwischen Süs und Lavin 1450 m.

Potentilla nivea L. — Nach Belegen im Hb. Killias am P. Valmatruga (Samnaun) von Käser gesammelt.

Cytisus radiatus (L.) Koch — Von Tschanüf (zum erstenmal?) bei Rhiner (Abrisse z. tabell. Fl. etc. 1890) angegeben. Steigt von ca. 1200 m am Ausgang der Val Sinestra bis gegen Manas ca. 1500 m hinauf, ausgedehnte Bestände bildend. Fehlt auffallenderweise dem Vinschgau und erscheint erst in der Bergregion am Mendelpass und im Nonsberg (cf. D. T. und S. l. c. pag. 630).

* *Cornus sanguinea* L. — Ein einziger kräftiger Strauch im Gebüsch zwischen Nairs und der Abzweigung nach Baraigla ca. 1220 m.

Astragalus depressus L. — Schuls „Gurlaina" (leg. B. Branger in Hb. m.). Gemein an zahlreichen Stellen um Ardez bis gegen Boschia, soweit die Sedimente reichen (ca. 1570 m); Südhang des Tarasper Schlosshügels 1430 m; beim Weiler Sparsels (Killias, Braun); am Kreuzhügel oberhalb Sparsels. Hält sich an die Standorte von *Medicago minima* (die im Gebiet fehlt), also an das humose, pflanzenarme, offene Erdreich trockener Rücken und sonniger, terrassenartiger Vorsprünge. Im Ober-Engadin von B. Branger an Ackerborden bei Zuoz, von mir am Felsvorsprung von Guardaval 1780 m gesammelt. Scheinbar kalkliebend.

Geranium sanguineum L. — Zahlreich zwischen Juniperus Sabina-Beständen in „Pazza" unterhalb Remüs, Urgestein 1200 m.

Caucalis daucoides L. — Obtasna, zwischen Ardez und Val Tasna nahe „Vallorgia" 1450 m, sonnig-steiniger Abhang. Südseite des Moränen-Hügels bei Fetan 1620 m, Kiesgeröll.

* *Seseli annuum* L. — An sonnigen Vorsprüngen von Baraigla nach Fetan 1400 m, mit *Euphrasia lutea, Astragalus Onobrychis*. — Kurz unterhalb Süs in kräftigen, gedrungenen Gestalten auf berasten Gneisfelsen 1450 m.

Peucedanum Oreoselinum (L.) Mönch — Unterhalb Sent im *Bromus erectus*-Rasen 1300 m. Im Aufstieg nach Baraigla 1240 m.

Angelica verticillaris L. — Hält sich mit Vorliebe an die Föhrenbestände auf Bündnerschiefer. So im Tasnatobel ca. 1300 m; im God Puzins unterhalb Schleins 1100—1350 m; zwischen Strada und Martinsbruck 1050 m.

* *Lysimachia vulgaris* L. — An einem Rinnsal direkt unterhalb der Häuser von Crusch mit der hier völlig eingebürgerten * ***Inula Helenium*** L.

* *Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce — Zwischen Strada und Martinsbruck auf sandigen Triften 1060 m.

* *Gentiana rhaetica* Kern. — Trockene Abhänge oberhalb Baraigla 1400 m, Bündnerschiefer.

Gentiana axillaris (Schmidt) Rchb. — Im Unter-Engadin von Süs abwärts an manchen Stellen. — Auf trockenen Triften am Südfuss der „Fortezza" jenseits Süs 1440 m, Urgestein; Tschanüf bei Remüs 1250 m Bündnerschiefer, magere Allmende; im Tobel hinter Saraplana 1150 m Bündnerschiefer, unter Gebüsch, wenigblütig, von schlaffem, verlängertem Wuchs (f. *umbrosa*).

* *Veronica Anagallis aquatica* L. — Bisher wohl wegen der späten Blütezeit übersehen! Nicht selten von Schuls abwärts, in Wassergräben und Hanfrosen. Crusch 1230 m; Hanfrosen unterhab Remüs; Strada; „Clozza" am Inn bei Schuls.

* ***Veronica scutellata*** L. — In ziemlicher Anzahl am Westrand des versumpften Teichs in „Craista" bei Ardez 1480 m, im Caricetum.

Orobanche reticulata Wallr. — Etwas oberhalb des Hofes Baraigla 1320 m.

Orobanche laevis L. — Auf *Artemisia campestris* am sonnigen Abhang zwischen Val Tuoi und Lavin ca. 1410 m recht zahlreich.

* *Utricularia minor* L. — In Torflöchern am Ostufer des Taraspersees 1410 m.

* *Asperula glauca* (L.) Bess. — Zahlreich auf einer steinigen Wiese zwischen Crusch und Remüs 1200 m (neben einem frühern Luzerneacker!).

Galium uliginosum L. — Im Unter-Engadin nicht selten; oft mit *G. palustre*, so noch im ausgetrockneten Sumpf bei Fetan 1600 m [1]).

* *Valerianella dentata* Poll. — Brachäcker bei Remüs gegen „Pazza" 1250 m.

---

[1]) Die daselbst noch von Killias (1888) angegebenen *Sparganium ramosum* und *Comarum palustre* konnte ich nicht mehr finden. Sie scheinen infolge von Drainage erloschen.

* *Petasites hybridus* (L.) Fl. Wett. Sentertobel (Val da Muglins) 1256 m, neben der Landstrasse.

* *Erigeron Schleicheri* Gremli (*E. Villarsii* Killias non Bell.). — Häufig an Kalkfelsen um Ardez, wo *E. Villarsii* Bell. fehlt! Ferner am „Sasslatsch sura" bei Süs und am Felshügel der „Fortezza" ca. 1500 m, Urgestein.

* *Bidens tripartitus* L. — Hanfrosen in „plaun da champs" unterhalb Remüs 1100 m.

Artemisia vulgaris L. var. *vestita* Brügger [in Killias 1888]. (Blätter beiderseits ± dicht weissfilzig.)[1] Ist die im Gebiete vorherrschende Form. Sehr typisch z. B. an sonnigen steinigen Steilborden zwischen Ackerterrassen unterhalb Schleins 1300 bis 1500 m.

Cirsium acaule × *Erisithales*. — Auf einer Waldwiese zwischen Vulpera und Avrona, mehrfach.

Cirsium acaule × *oleraceum*. — Im Tobel direkt unterhalb Fetan 1600 m.

Cirsium Erisithales × *heterophyllum*. — Nahe der Säge im Val Tasna ob Ardez ca. 1580 m, zahlreich.

Crepis tectorum L. — Charakteristischer „Strassenbegleiter"[2] von Strada bis Zernez; am häufigsten zwischen Ardez und Zernez. Auch auf Brachäckern, so bei Giarsun und bis gegen Guarda 1550 m.

---

[1]) Rouy (Fl. France VIII [1903], 291) erklärt Brüggers var. *vestita* irrig für einen Bastard von *A. Absinthium* und *vulgaris* und tauft daher die Form der *A. vulgaris* mit auch oberseits ± filzigen Blättern unnötigerweise in var. *β cinerascens* Rouy um (Thellung in litt.).

[2]) In die gleiche Kategorie („Strassenbegleiter") gehören noch einige Arten, welche in Ausbreitung begriffen zu sein scheinen. Langsam, meist nur schritt-, seltener auch sprungweise geht ihre Einwanderung gegen das Ober-Engadin vor sich. *Senecio rupester*, *Lappula echinata*, *Anchusa officinalis*, *Campanula rapunculoides*, *Echium*, *Chenopodium virgatum*, *Cirsium eriophorum* sind schon längst dort angelangt; andere haben Puntota nicht überschritten, so *Salvia verticillata* bis Süs (im Ober-Engadin nur vorübergehend auf Schuttablagerungen). *Cynoglossum officinale* (O.-Eng. sporadisch nach Candrian) bis Zernez, *Torilis Anthriscus* bis Süs. *Centaurea Stoebe* ssp. *maculosa* nach Killias (l. c. 1888) bis Lavin, *Tragopogon dubius* und *Isatis tinctoria* bis in die Schulsergegend. Es liessen sich noch verschiedene solcher Arten aufzählen, die z. T. durch direkte Vermittlung von Menschen und Tieren (Häkelfrüchte!) nachweisbar den Strassen entlang einwandern (daher auch „Strassenwanderer"). — Wieder andere folgen mit besonderer Vorliebe den neuen Eisenbahndämmen; an der Albulabahn z. B. *Reseda lutea*, *Barbaræa vulgaris* (diese zwei bis ob Bergün), *Lepidium Draba* (bis ins Belfort). Von den einheimischen haben sich neben einigen Ruderal- und Wiesenpflanzen folgende wärmeliebende Arten dauernd und in Menge auf den Bahndämmen angesiedelt: *Artemisia Absinthium*, *Erucastrum obtusangulum*, *Tommasinia* (*Angelica verticillaris*, *Libanotis*, *Anchusa officinalis*, *Lactuca perennis* (alle im Albulatal).

V. Nachtrag zu Steigers Verzeichnis der Gefässpflanzen des Adulagebietes.

(J. Braun.)

Unter dem Titel „Beiträge zur Kenntnis der Flora der Adulagebirgsgruppe“ veröffentlichte E. Steiger (in Verh. d. Nat. Ges. in Basel XVIII, 1906) ein fast vollständiges Verzeichnis der Flora dieses umfangreichen Gebiets. Zur Vervollständigung bringe ich hier einige Neufunde aus den letzten Jahren, die aber lediglich den bündnerischen Gebietsteil betreffen. Mit Stern (*) wurden, der Steigerschen Liste fehlende Arten gekennzeichnet, ohne indessen dadurch eine Priorität in Anspruch nehmen zu wollen. Schon Brügger (vide Seiler J., Bearb. der Brüggerschen Materialien zur Bündnerflora) hat mehrere der angeführten Arten für die Adulaalpen nachgewiesen.

Ophioglossum vulgatum L. — Isla zwischen Ilanz und Kästris 700 m (Dr. H. Thomann, mündliche Mitteilung).

Potamogeton alpinus Balbis — Lai da Balvains am nördlichen Heinzenberg 1370 m.

* *Panicum humifusum* (Rich.) Kunth — An feuchten Stellen des Fusswegs durch die Ruiser Pardella mit *Centunculus*, Strassenbord zwischen Rabius und Surrhein 890 m.

* ***Osplismenus undulatifolius*** (Ard.) Pal.[1]) — Am Berghang oberhalb Grono (Mis.) 500 m, an schattigen, feuchten Stellen. Ferner am linken Moesaufer im Kastanienhain nordöstlich von Cama-Rualta 360 m, Urgestein.

* *Phleum Michelii* All. — Heuberge nahe dem Li Martsch (Schams) 2000 m, Bündnerschiefer. Alp Annarosa 2000 m, Bündnerschiefer.

* *Alopecurus aequalis* Sobol. (A. fulvus Sm.). — Wassergraben bei Lumneins (V. Rheintal). Hieher gehört auch die Pflanze, welche Steiger (l. c. pag. 654) für „Heidbühl ob Glas“ unter dem Namen *A. geniculatus* L. anführt.

* *Trisetum distichophyllum* (Vill.) Pal. — Piz Tuff 2800 m, Schiefergeröll; Alp Nursin (Schams) 2300 m, Kalk.

* *Avena pubescens* Huds. — Gemein im untern Misox in Fettmatten.

* *Avena pratensis* L. — Santa Maria (Calanca), Wiesen.

* ***Festuca spadicea*** L. — Val Calanca, zu oberst in der Alpe di Memo am Pizzo di Claro, ca. 2200 m. Häufiger jenseits des Grates auf Tessinerboden.

Festuca capillata Lam. — Kastanienwälder im untern Misox verbreitet.

---

[1]) ***Fettdruck*** bedeutet: neu für Graubünden.

* *Festuca silvatica* (Poll.) Vill. — Nordabdachung des Heinzenberg ob Rhäzüns 1200 m in Waldschlägen.

* *Bromus ramosus* Huds. — Pardella zwischen Ruis und Tavanasa 800 m. Bestandbildend auf Waldschlägen am nördlichen Heinzenberg ca. 1200 m.

* *Lolium temulentum* L. — Im Korn als Unkraut: Bonaduz, Rhäzüns.

* *Elymus europaeus* L. — Fichtenwald ob Rhäzüns gegen Balveins 1200 m; Pardella zwischen Ruis und Tavanasa 800 m.

Cyperus flavescens L. — Ruiser Pardella mit folgender Art; Surrhein „Reits" 905 m; „Valens" bei Campodials-Pardomat 950 m. Immer an Wassergräblein, um Hanfrosen, auf feuchten Fusspfaden.

* *Cyperus fuscus* L. — Surrhein „Reits" 905 m. — Ruiser Pardella (hier schon von Brügger beobachtet). Meist mit *C. flavescens*.

Isolepis setacea (L.) R. Br. — Strassengraben an der Calankerstrasse oberhalb Grono 500 m.

* *Cobresia bipartita* (Bell.) D. T. — Ufer des Li bi am Piz Beverin 2010 m.

Carex remota L. — Gemein im Erlenbruch der Pardella vor Tavanasa 740 m.

* ***Carex umbrosa*** Host — Bisher nur aus dem Grenzrayon (zwischen Lumino und S. Vittore, nach Steiger) bekannt, wurde letztes Jahr auch auf Bündnergebiet nachgewiesen: jenseits Grono an berasten Gneisfelsen gegen Selvapiana 350 m.

Asparagus tenuifolius Lam. — Zwischen San Vittore und Roveredo ca. 300 m; beim Castello di Mesocco im Gebüsch ca. 700 m.

Orchis tridentatus × *ustulatus*. — In Fettwiesen zwischen Cama und Leggia 450 m.

* *Malaxis monophyllos* (L.) Sw. — Vals, Haidbodenwald 1250 m., 1 Exemplar (leg. stud. med. J. Jörger, teste Braun).

* *Listera cordata* (L.) R. Br. — Vals, Sumpf beim Kalkofen 1300 m im Moos (stud. med. J. Jörger in Hb. m.); Vals, Selva Wald (leg. Kohler in Hb. Jörger, teste Braun).

* *Rumex crispus* L. — Zwischen Bonaduz und Reichenau.

Polygonum alpinum All. — Grat südlich des Pizzo di Claro in der Alp Memo 2200 m.

* *Polygonum minus* Huds. — Pardella bei Ruis, woher schon Brügger die Pflanze kannte. — Surrhein, Wassergraben 890 m. — Lumneins, schlammige Tümpel neben der Landstrasse 840 m, zahlreich.

* *Chenopodium hybridum* L. — Auf Schutt rechts der Vorderrheinbrücke bei Reichenau 600 m; Schnaus an der Landstrasse 720 m.

Gypsophila muralis L. — Gemeines Unkraut in Kartoffeläckern bei Surrhein 900 m. Auch am Strässchen unterhalb Rabius gegen die Rheinbrücke.

Sagina subulata (Sw.) Presl — Am Strassenrand oberhalb Grono, Eingangs ins Calancatal, ca. 550 m. Sehr üppig und zahlreich sodann jenseits Cama bei „Rualta“ 345 m auf Mauerkronen, alten Strassenmauern und am grasigen Wegbord, Gneis.

* *Minuartia* (Alsine) *tenuifolia* (L.) Hiern — Castione beim Steinbruch (Kt. Tessin).

* *Minuartia* (Alsine) *recurva* (All.) Schinz und Thell. — Südgrat des P. di Claro (Calanca) 2200—2400 m, Urgestein.

Arenaria Marschlinsii Koch — Ebenda bei 2600 m.

* *Ranunculus ficaria* L. — Thusis, in Baumgärten (schon Brügger Man.). Tavanasa.

* *Diplotaxis tenuifolia* (L.) D.C. — Realta an Wegen.

* *Roripa silvestris* (L.) Besser — Cama, an der Strasse, häufig.

Draba tomentosa L. — Piz Tuff (Schams) 2800 m.

* *Drosera anglica* Huds. em. Sm. — Flachmoor in der „Isla“ am Rhein bei Bonaduz, eher spärlich, in einem Bestande von *Juncus subnodulosus*.

* *Saxifraga aphylla* Sternb. — Einsattlung zwischen Piz Beverin und Piz Tuff zuoberst in der Alp Nursin 2600 m, im Kalkgrus neben *Draba Hoppeana*.

Alchemilla arvensis (L.) Scop. — Dürre Wegränder vor Roveredo 280 m mit *Sagina apetala*; Cama „Rualta“ trockene, sandige Allmende.

Trifolium alpestre L. — Bei Castaneda von Moritzi anno 1830 gesammelt. Vegetiert immer noch sehr reichlich unter den uralten Kastanien daselbst. Ferner noch unterhalb Santa Maria (Calanca) 950 m, sowie am Hang zwischen S. Vittore und Roveredo 350 m.

Oxytropis lapponica (Wahlenb.) Gay — Alp Tomül (Vals) 2000 m (J. Jörger teste Braun); Grat zwischen Piz Tuff und Gelbhorn (Schams) 2770 m, Bündnerschiefer.

* *Vicia tetrasperma* (L.) Mönch — Im Rasen am Strassenbord bei Leggia 330 m.

* *Lathyrus niger* (L.) Bernh. — Am Ostabhang des Heinzenbergs in Eichengebüschen bis ca. 1200 m (bei Präz).

Daphne alpina L. — Nach Franzoni (Le piante fanerog. d. l. Svizzera insubr.) auf der Bernhardinpasshöhe, wo ich sie vergeblich suchte. Es wird sich wohl um Verwechslung mit sterilen Exemplaren von *D. Mezereum* f. *nana* handeln. (Vergl. auch Steiger l. c., pag. 430).

Molopospermum peloponnesiacum (L.) Koch — In üppigen Exemplaren an den schattigen Felsen und auf grossen Sturzblöcken im Wald zwischen Verdabbio und Santa Maria ca. 900 m.

* *Bifora radians* Marsch. Bieb. — Wohl nur adventiv an einem steinigen Ackerbord unweit Rhäzüns 660 m, zwei Stöcke.

Trinia glauca (L.) Dum. — Soll (nach Calloni Jahrb. C. A. T. 1886?) am Pizzo di Claro vorkommen, eine Angabe, die ich stark bezweifle. So gut als ausgeschlossen ist das Vorkommen dieser Calcicolen auf der östlichen (bündnerischen) Seite des Berges. Steiger [l. c. p. 448] nimmt Verwechslung mit *Laserpitium panax* an.

* *Seseli Libanotis* (L.) Koch — Eine junge, starke Kolonie am Rheinwuhr bei der Station Rodels. In den zentralen Tälern Bündens (Belfort, Oberhalbstein, Bergün, Landwassertal bis über 1500 m) verbreitet, im Domleschg nur hier (angeschwemmt!) — Weiter nördlich fehlend.

* *Peucedanum Cervaria* (L.) Lap. — Hügel westlich Bonaduz 680 m; Hügel bei Rhäzüns; Runcaglia am Nordfuss des Heinzenbergs 790 m; Eichengebüsche zwischen Realta und Präz 900 m. Im Misox am bewaldeten Abhang oberhalb Grono 450 m.

* ***Peucedanum alsaticum*** L. ssp. ***venetum*** (Sprgl.) Briq. — Am felsigen, bebuschten Hang unterhalb Castaneda, Südexp. ca. 550 m, Gneis, mit *Achillea stricta*.

* *Peucedanum austriacum* (Jacq.) Koch var. *raiblense* (Wulfen) Koch — Beim Castello di Mesocco ca. 750 m. Wurde hier schon 1871 von Brügger gesammelt.

Androsace imbricata Lam. — Pizzo di Claro, auch bündnerischerseits, 2600 m, in Ritzen der Gneisfelsen.

* *Centunculus minimus* L. — An feuchten Stellen des Fusswegs in der Pardella jenseits Ruis (Brügger, Braun). Surrhein-Reits, um sog. „Hanfrosen“ mit *Cyperus fuscus* und *C. flavescens* 905 m. Spärlich am Rand eines Bächleins bei „Valens“ jenseits Campodials 950 m. Scheint also im Gebiet der Silikate des Bündneroberlandes ziemlich verbreitet. Fehlt dem übrigen Bünden.

Lappula deflexa (Wahlenb.) Garcke — Bei der Rheinbrücke vor Zillis gegen die Viamala zu.

Pulmonaria officinalis L. — Neben *P. angustifolia* im Kastanienwald jenseits Grono (Selvapiana) ca. 400 m Nordwest-Exposition.

* *Leonurus Cardiaca* L. — Hecken um Bonaduz.

* *Atropa Belladonna* L. — Waldtobel bei Luvreu (Realta) 750 m. Auch sonst am Heinzenberg (Brügger).

* *Euphrasia lutea* L. — Sonnige Hügel um Bonaduz und Rhäzüns gemein. In Masse auf Lichtungen und am Rande des Föhrenwaldes am Rhein (alte Kiesalluvionen!) bei Kazis.

* *Euphrasia tatarica* Fisch. (teste Wettstein). — Am Rhein bei der Station Rodels.

Orobanche cruenta Bert. — Kastanienhain über Cama 400 m; auf *Genista germanica* schmarotzend.

Orobanche major L. — Wenig unterhalb Wergenstein (Schams) 1400 m auf *Centaurea Scabiosa*.

* *Utricularia minor* L. — Lai da Balvains am Heinzenberg 1370 m, mit *Potamogeton alpinus* Balb.

Galium pedemontanum (Bell.) All. — Sehr häufig im Schatten alter Kastanien wenig oberhalb Cama 430 m.

Galium aristatum L. — Charakterpflanze der Misoxer Kastanienselven: Cama-Rualta 350 m, häufig; Roveredo S. Giulio bei Monti di Bassa 280 m; zwischen S. Vittore und Roveredo am Berghang.

Campanula cenisia L. — Piz Tuff, Südwestgrat 2800 m, im Schiefergeröll.

* *Erigeron neglectus* Kern. — Schafalp Nursin am Piz Beverin 2300 m, Grasplanken.

* *Aster Amellus* L. — Bonaduz und Rhäzüns, an buschigen Hügeln häufig; Eichengehölze unterhalb Präz (Heinzenberg) bis 1050 m.

* *Senecio carniolicus* Willd. var. ***insubricus*** Chenev. — Südgrat des Pizzo di Claro 2400 m, Urgestein, auf Bündner- und Tessinerboden.

Centaurea alba L. ssp. *eualba* Gugler — Felsiger Abhang zwischen San Vittore und Roveredo 350 m, Kastanienbuschwald.

* *Crepis nicaeensis* Balb. var. *scabriceps* Thell. (teste Thellung). Rasenterrassen zwischen Weinbergen vor Roveredo 300 m, einzeln mit *Crepis biennis* und wohl nur adventiv.

3. Die schweizerischen Arten und Formen der Gattung Melampyrum L.

von **Karl Ronniger** (Wien).

(Abgeschlossen Ende Juni 1910.)

Gelegentlich der Bearbeitung der 3. Auflage des Werkes Schinz und Keller „Flora der Schweiz“ hat mich Herr Professor Dr. Hans Schinz (Zürich) ersucht, ihn bei Bearbeitung der Gattung *Melampyrum* zu unterstützen. Dies war für mich der Anlass, mich mit den Melampyren der Schweiz etwas eingehender zu befassen.

nachdem ich mich schon vorher vielfach mit dieser Gattung, soweit sie in den österreichischen Alpenländern vertreten ist, beschäftigt hatte.

Da sich im Rahmen der genannten Exkursionsflora nur eine sehr knappe Darstellung unterbringen liess, auch ausführliche Standortsangaben unterbleiben mussten, so habe ich mich entschlossen, an dieser Stelle — ebenfalls über Einladung des Herrn Professor Schinz — nochmals auf die schweizerischen Melampyra in etwas ausführlicherer Weise zurückzukommen. Es war dabei natürlich nicht zu umgehen, dass ich mich auch mit den übrigen europäischen *Melampyrum*-Arten befassen musste, und ist daher auch der Zusammenhang der nicht-schweizerischen Arten, soweit ich in denselben bisher einen Einblick gewinnen konnte, im folgenden kurz berührt.

Als Grundlage der vorliegenden Bearbeitung dienten mir die folgenden Herbarien:

Herbar des botanischen Museums der Universität Zürich (abgekürzt U. Z.),

Herbar des botanischen Museums des Eidgenössischen Polytechnikums Zürich (abgekürzt P. Z.),

Herbar des botanischen Museums in Lausanne (inklusive Herbar Wilczek, Muret, Masson, Gaudin, Schleicher, F. O. Wolf) — Abkürzung H. L.,

Herbar Dr. Eugen v. Halácsy (Wien),

endlich mein eigenes Herbar.

Ausserdem habe ich auf zahlreichen Reisen in der Schweiz[1]) und in den österreichischen Alpen auch die meisten Formen aus der Beobachtung am Standorte kennen gelernt.

Bemerkungen über den Saison-Dimorphismus.

Da der Saison-Dimorphismus (Saison-Diphylismus[2]) im Sinne Behrendsens) in der Gattung *Melampyrum* eine ziemlich

---

[1]) Die von mir besuchten Punkte der Schweiz sind kurz folgende: Genf, Montreux-Glion-Rochers de Naye (Fussweg), Val de Bagnes bis Cabane Chanrion, Pierre à voir, Val d'Hérens (mit Evolena, Ferpècle, Arolla), Col de Torrent, Zinal, St. Luc, Bella-Tola, Zermatt (Staffelalp, Schwarzsee, Findelen, Gornergrat), Sion, Kandersteg-Gemmi-Leuk, Gondo-Simplon (Schönhorn)-Brig, Belalp, Brig-Gletsch, Fiesch-Eggishorn, Gletsch-Grimsel-Meiringen, Gletsch-Furka-Göschenen, Mürren (Schilthorn), Grosse und Kleine Scheidegg (Faulhorn, Männlichen), Bern, Interlaken, Grindelwald, Rigi (Aufst. von Weggis), Pilatus (Aufst. von Hergiswyl), Axenstrasse, Göschenenalp, Gotthard, Ilanz, Chur, Dissentis-Lukmanier-Val Piora-Airolo, Lugano (Monte S. Salvatore, Monte Generoso), Locarno, Maloja (Piz Longhin)-St. Moriz-Pontresina (Piz Languard, Bovalhütte), Albulapass, Bergün, Klosters (Sardascatal, Klosterpass), Zürich (Sihltal), Schaffhausen, Bodensee.

[2]) Behrendsen. Über Saison-Dimorphismus im Tier- und Pflanzenreich. Verhandl. des botan. Vereins der Provinz Brandenburg. 1906, pag. 142.

grosse Rolle spielt und ich auch zur Ansicht gelangt bin, dass nicht für alle Fälle die bisher in der Literatur niedergelegte Darstellung des Sachverhaltes bei dieser Erscheinung anwendbar ist, möchte ich einige Worte über diesen Gegenstand vorausschicken.

Nach den fundamentalen Arbeiten Professor v. Wettsteins über den Saison-Dimorphismus liegt der normale Fall der Entstehung saisondimorpher Artenpaare folgendermassen:

Durch die katastrophale Wirkung der alljährlichen Wiesenmahd sind aus einer ursprünglich einheitlichen (monophylen) Art, welche variierte und dadurch früher- und späterblühende Individuen erzeugte, zwei saisondimorphe Arten entstanden. Die frühblütige Art zeigt die Tendenz, vor dem kritischen Zeitpunkte des Mähens zur Fruchtreife zu gelangen, die spätblütige Art hingegen die Tendenz, erst nach diesem Zeitpunkte mit dem Blühen zu beginnen. [1])

Nach dieser Darstellung ist also nicht nur das Entstehen der frühblütigen Rasse, sondern auch der Ursprung der spätblütigen Rasse in ursächlichen Zusammenhang mit der Wiesenmahd zu bringen. Für einen sehr grossen Teil der Fälle dürfte diese Annahme jedenfalls den Tatsachen entsprechen, sehr zutreffend scheint sie mir z. B. für die Gattung *Euphrasia*; doch möchte ich im Nachstehenden zeigen, dass für viele Fälle auch eine andere Annahme manches für sich hat.

Ich möchte zunächst von der Sect. *Endotricha* der Gattung *Gentiana* sprechen und dann erst auf die Gattung *Melampyrum* übergehen, weil meine Beobachtungen bei der Gattung *Gentiana* sich über einen viel grösseren Zeitraum erstrecken und es auch vorteilhaft erscheint, sich nicht bloss einseitig auf eine Gattung allein zu beschränken.

Ich habe speziell den Formenkreis der *Gentiana Austriaca* Kerner sens. lat. in Nieder-Österreich und jenen der *Gentiana aspera* Hegetschw. sens. lat. in Ober-Österreich, schon durch die erste Publikation Prof. v. Wettsteins über die endotrichen Gentianen [2]) hiezu angeregt, zirka 18 Jahre hindurch auf zahllosen Ausflügen beobachtet und dabei folgendes gefunden.

Die frühblütigen Formen dieser beiden Formenkreise wachsen stets auf Mähwiesen, nie konnte ich ein Exemplar auf einem anderen Standorte antreffen; anders jedoch die spätblütigen Rassen. Letztere

[1]) Fast wörtlich aus „Denkschriften der Mathem. Naturwissenschaftl. Classe der Akademie der Wissenschaften, Wien, 1900, pag. 306“.

[2]) Wettstein R. v. Untersuchungen über Pflanzen der österr.-ungar. Monarchie. I. Die Arten der Gattung *Gentiana*, Sect. *Endotricha*. Österreich. Botan. Zeitschrift 1891—1892.

— die Herbstformen — wachsen auf allen erdenklichen Standorten, wenn sie nur dem ziemlich starken Lichtbedürfnis derselben entsprechen und auch den für ihr Halbschmarotzertum nötigen Wirtspflanzen das Dasein ermöglichen: an Waldrändern und in lichten Wäldern, unter Buschwerk, an Wegrändern, auf steinigen Triften, selbst auf Felsen, welche nur dürftig mit Humus überkleidet sind und relativ nicht häufig auf Mähwiesen; sehr häufig jedoch auf Weidetriften, wo ein Eingriff in ihren Vegetationsverlauf nicht stattfindet, da das Weidevieh *Gentiana* unberührt lässt.

Diese Herbstpflanzen sind tatsächlich wirklich gut entwickelt meist nur dort zu finden, wo die Sense des Mähers nie hingelangt. Die Exemplare, die man auf Mähwiesen findet, sind zu allermeist wohl recht buschig und blütenreich, zeigen aber gewöhnlich bei näherer Untersuchung, dass die Hauptachse geköpft ist und nur die Seitenäste entwickelt sind, dass also für den Botaniker unbrauchbare „putate" Exemplare vorliegen. Letzterer Umstand ist wohl in der Regel darauf zurückzuführen, dass in den Alpenländern, soweit ich beobachten konnte, die Wiesen fast überall im Spätsommer oder Herbst ein zweites Mal gemäht werden (Grummeternte), wodurch eben die herbstblütigen Formen auf diesen Wiesen begreiflicherweise erst recht keine ungestörte Entwicklung nehmen können, sie müssten denn den Beginn ihrer Entwicklung erst nach die Grummeternte verlegen, was aber selbst für diese Spätlinge allzuspät sein würde.

Die Herbstformen finden sich übrigens an den oben genannten variablen Standorten in allen Höhenlagen vom Tale bis in die Alpenregion und kann man im Verlaufe mehrerer hintereinander unternommener Spätsommer- und Herbst-Touren in die Alpenregion die allmähliche Umprägung der Talform in die Alpenform durch alle zwischenliegenden Höhenzonen deutlich verfolgen.

Tatsache ist ferner, dass auch die Alpenformen aus den Formenkreisen der *Gentiana Austriaca* sens. lat. und der *Gentiana aspera* sens. lat. herbstblütige Pflanzen sind. Allerdings gehören sie dem Herbste der Alpenregion an, dessen Beginn auf ein früheres Datum fällt als der Herbst der Talregion. In der Alpenregion folgt auf einen späten Frühling ein kurzer Sommer und ein früher Herbst. Und zu den charakteristischen Pflanzen der alpinen Herbstflora in dem besprochenen Gebiete gehören die endotrichen Gentianen. Sie blühen am Ende der verkürzten Vegetationsperiode der alpinen Region, aber trotzdem früher als ihre Nächstverwandten im Tale, so dass man in der Regel nicht beide im Verlaufe einer Exkursion treffen kann. Daher auch die intermediäre Blütezeit der monticolen Rasse gegenüber den beiden Talrassen (der

frühblütigen und der spätblütigen Talrasse), welche aber in Wahrheit nur die dem Herbste der Talflora analoge Blütezeit der alpinen Vegetationsperiode darstellt.

Interressant ist dabei, dass die monticole Rasse habituell der aestivalen Rasse sehr ähnlich ist, dass also der Verkürzung der Vegetationsperiode, welche das eine Mal durch das alpine Klima bedingt ist, und im anderen Falle durch die Wiesenmahd herbeigeführt wird, in beiden Fällen auch ganz ähnliche Pflanzenformen entsprechen (auf diesem Umstande beruht auch die Schaffung des Ausdruckes Pseudo-Saisondimorphismus[1]) für die Abgliederung der monticolen Rasse, worauf später noch zurückgekommen wird, siehe pag. 329).

Da die überwiegende Masse der Individuen der Formenkreise *Gentiana Austriaca* s. l. und *Gentiana aspera* s. l. in allen Höhenlagen Spätblütler sind, so glaube ich annehmen zu dürfen, dass auch jene Urformen, von denen die Entwicklung dieser Formenkreise ihren Ausgangspunkt genommen hat, bereits Herbstblütler waren. Diese Ansicht wird noch dadurch unterstützt, dass auch jene alten Typen unter den endotrichen Gentianen, welche gar keine Gliederung aufweisen, wie z. B. *Gentiana compacta* Heg. (= *Gentiana Murbeckii* Wettst.), welche ich in der Schweiz (Urserental, Morteratschgletscher, Malojapass und Simplonpass), sowie am Stilfserjoch beobachten konnte, erst der Herbstflora jener Regionen angehören.

Daraus glaube ich die Erkenntnis ableiten zu dürfen, dass die Herbstrassen *Gentiana Austriaca* sens. strict. und *Gentiana Sturmiana* ihrer phylogenetischen Entstehung nach unabhängig von der Wiesenmahd sind und dass nur die Entstehung der aestivalen Sippen *Gentiana lutescens* und *Gentiana Norica*, welche mit obigen Herbstformen in nächsten Beziehungen stehen, auf den genannten Faktor zurückgeführt werden sollte.

Der systematische Ausdruck dieser phylogenetischen Erkenntnis für die beiden besprochenen Formenkreise ist meiner Ansicht nach folgender:

I. Gesamtart: Gentiana aspera Hegetschweiler:

a) subspec. *aspera* Hegetschweiler = monophyle Monticol-Rasse.

b) subspec. *Sturmiana* A. et J. Kerner = monophyle Tal-Rasse.

c) subspec. *Norica* A. et. J. Kerner — Ästivale Rasse.

[1]) Wettstein in Denkschriften der Mathemat.-Naturwissenschaftl. Klasse der kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Wien, 1900, pag. 330.

II. Gesamtart: Gentiana Austriaca A. et J. Kerner.

a) subspec. *Neilreichii* Wettst. et Dörfl. = monophyle Monticol-Rasse.

b) subspec. *Austriaca* A. et. J. Kerner = monophyle Tal-Rasse.

c) subspec. *lutescens* Velenovsky = Ästivale Rasse.

Die Rassen a) und b) sind in jedem Falle durch Übergänge verbunden und dürfte die Rasse a) die phylogenetisch ältere sein, was man wohl daraus schliessen darf, dass alle alten einheitlichen Art-Typen der Sect. „*Endotricha*" Alpenpflanzen sind *(Gentiana compacta, Neapolitana, Bulgarica).* Rasse c) ist aller Wahrscheinlichkeit nach aus Rasse b) durch die Wiesenmahd als jüngstes Entwicklungsglied entstanden; Übergänge zwischen b) und c) sind mir nicht bekannt geworden.

Noch deutlicher tritt dieses eben für zwei Formenkreise der endotrichen Gentianen skizzierte Verhältnis in der Gattung **Melampyrum** hervor. Bei der Mehrzahl der *Melampyrum*-Arten (*M. silvaticum* sens. lat., *M. pratense* sens. lat., *M. nemorosum* sens. lat., *M. cristatum* sens. lat.) ist jene Form, welche den Charakter der „autumnalen" Rassen trägt, zugleich ein Waldbewohner und kein Wiesenbewohner, hier ist also die Wiesenmahd, meiner Meinung nach, als Ausgangspunkt der Entstehung von vorneherein ausgeschlossen. Trotzdem zum Beispiele das *Melampyrum nemorosum* sens. strict. den ausgesprochenen Charakter einer „autumnalen" Rasse mit reicher Verzweigung und zahlreichen Interkalarblättern trägt, wächst es nach meinen Beobachtungen niemals auf Wiesen, sondern stets in Wäldern oder unter Gebüsch und Sträuchern; ich kann daher nicht glauben, dass bei Ausbildung dieser herbstblütigen Form die Wiesenmahd irgend eine Rolle gespielt hätte.

Man würde daher innerhalb der Gattung *Melampyrum* ebenfalls nicht gut tun, zu sagen, dass durch die Wirkung der Wiesenmahd aus einer ursprünglich nicht gegliederten Art, welche bezüglich der Blütezeit variierte, zwei neue sekundäre Rassen eine frühblütige und eine spätblütige entstanden sind, — sondern man dürfte besser daran tun, zu sagen, dass sich aus einem von vorneherein relativ spätblütigen Typus, dort, wo derselbe auf Mähwiesen hinausgetreten ist und daselbst ununterbrochen der Wiesenmahd ausgesetzt war, eine (nicht zwei) sekundäre Rasse, die frühblütige Wiesen-Rasse abgegliedert hat, welche von einer Variation oder Mutation des ursprünglichen Typus ihren Ausganspunkt genommen hat. Ferner ist die Annahme berechtigt, dass neben dieser frühblütigen Sekundär-Rasse der ursprüngliche Typus, von dem dieselbe

abstammen dürfte, höchst wahrscheinlich unverändert in der „autumnalen" Rasse, die auch an Individuenzahl ungeheuer überwiegt, erhalten geblieben ist.

Ausser der frühblütigen Form hat sich sowohl bei *Melampyrum pratense* s. l. als auch bei *Melampyrum silvaticum* s. l. noch eine Alpenform und eine zwischen der Alpenform und der Waldform intermediäre Mittelgebirgsform (welch letztere häufig dem Mähen nicht ausgesetzte Grasplätze bewohnt) abgegliedert.

Bestimmungsschlüssel für die Unterscheidung der Hauptarten der Schweiz und des angrenzenden Savoyens. [1])

1. Blüten allseitswendig, in endständigen, dichten Ähren (Spicata Wettstein in Engler und Prantl „Natürl. Pflanzenfamilien IV. Th. Abth. 3 b, pag. 99).
   2. Ähre kurz, vierkantig, sehr dicht, Deckblätter rinnig nach aufwärts zusammengelegt, mit zahlreichen eng stehenden, nach aufwärts gerichteten grannigen Sägezähnen.
      Melampyrum cristatum L. sens. lat.
   2*. Ähre verlängert etwas gelockert, nicht vierkantig, Deckblätter flach, fiederspaltig gezähnt.
      3. Kelch von sehr kurzen Härchen dicht flaumig, so lang als die Kronenröhre, Kelchzähne länger als die Kelchröhre.
         Melampyrum arvense L. sens. lat.
      3*. Kelch von lang abstehenden Haaren wollig zottig, bedeutend kürzer als die Kronenröhre, Kelchzähne kürzer oder so lang als die Kelchröhre.
         Melampyrum barbatum W. K.

1*. Blüten einseitswendig, in lockeren beblätterten Trauben (Laxiflora Wettstein loc. cit.).
   4. Obere oder wenigstens die obersten Deckblätter blau überlaufen, Kelch mehr oder weniger stark behaart.
      5. Korollenschlund wenig geöffnet, Unterlippe gerade vorgestreckt, nicht herabgeschlagen.
         6. Kelch dicht zottig behaart, $^1/_3$ so lang als die Korolle; Deckblätter an der Basis reichlich behaart, herzeiförmig; Stengelblätter eiförmig bis länglich lanzettlich, an der Basis am breitesten.
            Melampyrum nemorosum L. sens. lat.

[1]) Zwei Arten (*Mel. subalpinum* Jur. und *Mel. intermedium* Perr. Song.), welche für die Schweiz noch nicht nachgewiesen sind, wurden in den Schlüssel aufgenommen, weil sie im benachbarten Savoyen vorkommen und möglicherweise in der Westschweiz noch zu finden sind.

6*. Kelch nur an den Nerven behaart, 1/2 so lang als die Korolle; Stengelblätter länglich-lanzettlich, in der Mitte am breitesten; untere Deckblätter den Stengelblättern gleichgestaltet, nur ganz unbedeutend behaart.

Melampyrum subalpinum (Juratzka) Kerner sens. lat.

5*. Korollenschlund weit geöffnet (Winkel zwischen Ober- und Unterlippe 90° und mehr), Unterlippe herabgeschlagen, Kelch spärlich (doch auch zwischen den Nerven) behaart; Kelchzähne kürzer als ihre Röhre, höchstens ebenso lang als diese; Blätter länglich-lanzettlich, nahe der Basis am breitesten.

Melampyrum intermedium Perrier et Songeon

4*. Alle Deckblätter grün, kahl; Kelch kahl.

7. Blumenkrone 15—17 mm lang, Schlund nur schwach geöffnet, Unterlippe gerade vorgestreckt; Kelch nur 1/4—1/3 so lang als die Blumenkrone.

Melampyrum pratense L. sens. lat.

7*. Blumenkrone 8—10 mm lang, Schlund weit geöffnet, Unterlippe herabgeschlagen; Kelch 1/2—3/4 so lang als die Blumenkrone.

Melampyrum silvaticum L. sens. lat.

1. *Melampyrum cristatum*

L. spec. plant. I. pag. 605.

Melampyrum cristatum ist durch die eigenartig geformten Deckblätter stets sofort kenntlich. Die Deckblätter sind nämlich längs des Mittelnervs scharf nach aufwärts gefalzt und an der Unterseite gekielt. Jede Hälfte derselben bildet einen Halbkreis, der hahnenkammförmig ringsum fein kämmig gezähnt und dabei schwach behaart ist. Die unteren Brakteen sind in eine lange ungeteilte Spitze ausgezogen.

subspec. 1. Melampyrum Ronnigeri

Poeverlein in Allgemeine Botanische Zeitschrift 1907, p. 177.

Höhe 12—40 m., Internodien 5—7 (meist 6), kurz. Kotyledonen zur Blütezeit bereits abgefallen oder vertrocknet; Pflanze meist sparrig verzweigt; Äste schräg aufwärts gerichtet, Blüten tragend; Interkalarblattpaare 0 oder 1; Blattbreite 0,5—0,7 cm. Unter Gebüsch. Montikole Rasse.

Standorte: Côtes de Trelex (H. L.); Charnex près Montreux, (Masson, H. L.); Miex, Vouvry, (F. O. Wolf, U. Z.); Lausanne (Wilczek, U. Z.); Montchérand près Orbe (Vetter, U. Z.); Val d'Anne, Chancy

(Bär, U. Z.); Osterfingen (Schröter, P. Z.); Lägern ob Baden (Brügger, P. Z.); Atzheimerhof zwischen Jestetten und Neuhausen (Schröter, P. Z.); Erdebornerwald (Heer, P. Z.); ohne Standortsangabe im Herbar Schleicher (H. L.).

Standorte ausserhalb der Schweiz. Frankreich: Puy de Dôme (Auvergne, Duboc, H. L.); Comboire près de Seyssins, Isère (Verlot, Société dauphinoise Nr. 2986, U. Z.); Saint Victor près St. Vallier, Drôme (Chabert, Société dauphinoise Nr. 2986 bis); Deutschland: Wulferode und Wassel bei Hannover; Schweden: Scania, Engeltofta (Lidforss, H. L.); Niederösterreich: Ellender Wald, höchste Kuppen unter Gesträuch (13. VI. 1909 Ronniger, Herb. Ronniger). Sonstige Standorte siehe Poeverlein loc. cit.

subspec. 2. Melampyrum cristatum

L. sens. strict., Ronniger in Dörfler Schedae ad Herbarium normale, Cent. XLVIII pag. 247.

Höhe 20—50 cm., Internodien 5—12 (in der Regel 7), kurz; Kotyledonen zur Blütezeit bereits abgefallen oder vertrocknet: Pflanze meist sparrig verzweigt; Äste bogig aufsteigend, Blüten tragend: Interkalarblattpaare mehr als 1 (meist 4—5); Blattbreite bis 1 cm. Unter Gebüsch, Talform.

Standorte: Vernier près de Genève (Müller Arg., P. Z.); Bois des frères, Genève (Muret, H. L.; Bär, U. Z.; Ziegler, U. Z.); Bois de Veyrier (Ducommun, H. L.); Chailly près Vevey (Wilczek, H. L.); Brousailles du Mt. Salève (Ayasse, U. Z.); Vevey (Bachmann, U. Z.); Trélex, Jura (Muret, H. L.; Wilczek, H. L.); Chaumont, Jura (Muret, H. L.); Roche (F. O. Wolf, U. Z.); Mornex (Gaudin, H. L.); Ivoire (Bär, U. Z.); Neuchâtel (Spinner, U. Z.); Neuenstadt am Bielersee (Leutwein, U. Z.); felsiger Abhang zwischen Biel und Twann (Wicki, U. Z.); Fontaney, Aigle (Burdet, H. L.); Aigle (Wilczek, H. L.); Coinsins, Vaud (Burdet, H. L.); Osterfingerbad (Schalch, U. Z.); Oberberg zwischen Grenzach und Wilen (Binz, P. Z.); Rote Fluh bei Liestal (Bernoulli, P. Z.); Ermatingen, Thurgau (Baumann U. Z.); Schaffhausen (Beck, U. Z.; Vetter, U. Z.; Lutz, U. Z.); bei Güttingen am Bodensee (Baumann, P. Z.).

subspec. 3. Melampyrum solstitiale

Ronniger in Dörfler, Schedae ad Herb. normale, Cent. XLVIII, pag. 247 und Verhandlungen der k. k. zoolog. botan. Gesellschaft, Wien, 1907, pag. (23).

Höhe 12—25 cm, Internodien 3—5 (meist 4), gestreckt; Kotyledonen zur Blütezeit vorhanden und frisch; Pflanze unverzweigt oder mit 1—2 Astpaaren; Astpaare meist kurz und steril, das obere Astpaar, welches knapp unter dem Terminalblütenstand steht, entwickelt manchmal Blüten und übertrifft dann das oberste unver-

zweigte Stück der Hauptachse um das 4—8fache der Länge, was bei *Mel. cristatum* sens. strict. nicht vorkommt. Interkalarblätter stets fehlend. Blattbreite bis 0,5 cm. Auf Waldwiesen. Ästivale Rasse.

Standorte: Chaumont (Gamper, U. Z.); Zofingen (Siegfried, U. Z.); Eglisau (Heer, P. Z.); Scharenwies am Rhein, bei Diessenhofen (Baumann, U. Z., P. Z).

Standorte ausserhalb der Schweiz, welche noch nicht publiziert sind; Frankreich: Deux Sèvres, Puy St. Bonnet (Genevier, H. L.); Deutschland: Friedrichsheim (Körnicke, P. Z.;) Bulgarien: Nova Mahala (Stribrny, H. L.); Songaria (Schrenk, P. Z.).

Von den drei Formen des *Melampyrum cristatum* sens. lat. halte ich *Melampyrum cristatum* sens. strict. für die monophyle Talform, *Melampyrum Ronnigeri* für die monophyle Montikolform und *Melampyrum solstitiale* für die ästivale Wiesenform, wobei ich annehmen möchte, dass *M. Ronnigeri* der älteste Typus ist, hauptsächlich weil bei dieser Form die Blütenfarbe, wie ich mich an dem voriges Jahr aufgefundenen niederösterreichischen Standorte überzeugen konnte, direkt schwankend und noch unausgesprochen ist. Die Exemplare zeigen alle Nüancen zwischen rot und gelb: dasselbe beobachtete auch Poeverlein an seinen Fundorten. Bei *M. solstitiale* und *M. cristatum* s. str. ist dagegen die Blütenfarbe stets ausgesprochen rot oder gelb.

Die gelbe Form des *M. cristatum* s. str. hat den Namen **f. pallidum** Tausch (in Fiek, Flora von Schlesien, 1881, pag. 335) zu führen; die gelbe Form des *M. Ronnigeri* hat vor kurzem Prof. Sagorski als f. **expallens** Sagorski aus der Herzegowina in seinem Tauschverein ausgegeben.

2. *Melampyrum arvense*

L. sp. plant. I., pag. 605.

Die Unterschiede des *Melampyrum arvense* gegenüber dem zunächst verwandten *Melampyrum barbatum* siehe bei diesem.

subspec. 1. Melampyrum pseudobarbatum

Schur (emend.), Verhandlungen des Siebenbürg. Vereins, 1853, p. 56. Syn. *Mel. hybridum* Wolfner in Österr. Botan. Wochenblatt 1857, pag. 232.

Pflanze kräftig, bis 50 cm hoch, in der Regel reichlich verzweigt. Zweige im Bogen aufstrebend. Internodien zahlreich, gedrängt, unten zahlreiche Blattnarben; Kotyledonen zur Blütezeit abgefallen. Blätter länglich-lanzettlich, zirka 5 mm breit. Interkalar-

blattpaare gewöhnlich mehr als 1 (1—4); Interkalarblätter und obere Blätter der Äste mit 1—2 Zähnen jederseits.

Der Name *M. pseudobarbatum* Schur wurde vom Autor nur auf die weisslich blühende Farbenspielart bezogen, doch empfiehlt es sich mit Wettstein, loc. cit. pag. 332, den Namen auf die in Siebenbürgen häufige monophyle Talform in meinem Sinne (Autumnalform im Sinne Wettsteins) anzuwenden, der die weissblütigen Pflanzen der Herbarien zugehören.

Standorte: Felsige Abhänge zwischen Biel und Twann (Wicki, U. Z.); Felsen ob der Sternenhalde, Uerikon, Bez. Männedorf (Hausammann, P. Z.).

Ausserhalb der Schweiz: In lichten Wäldern an den Abhängen des Anninger bei der Einöd in Niederösterreich (3. IX. 1905, leg. Ronniger) Herb. Ronn.

subspec. 2. Melampyrum Schinzii

Ronniger, in Schinz et Keller, Flore de la Suisse, 1909, pag. 520.

Sehr kräftige Pflanze von 40 cm Höhe; Internodien relativ wenige (7 bis zur ersten Blüte); Kotyledonen zur Blütezeit abgefallen; bis drei Paare steil aufgerichteter Äste; meist ein Interkalarblattpaar; Blätter sehr derb und fleischig; Stengelblätter 10—17 mm breit. Dürfte als die monticole Rasse des *Mel. arvense* anzusprechen sein.

Standorte: Ruine Falkenstein im Solothurner Jura (6. Juni 1869, H. Siegfried, U. Z.); Neuburg, am Südfuss von Hohen Wülflingen, 500 m. (3. Juni 1882, Hug, U. Z.). Ich sah die Pflanze bisher nur aus der Schweiz.

subspec. 3. Melampyrum arvense

L. sens. strict.

Pflanze kräftig; Internodien zahlreich, besonders in der untersten Stengelpartie zahlreiche kurze Internodien, welche, da die Kotyledonen und die untersten Blätter zur Blütezeit gewöhnlich abgefallen sind, durch Blattnarben kenntlich bleiben; Hauptachse gewöhnlich verzweigt; Äste steil und gerade aufwärts gerichtet; Stengelblätter gewöhnlich ca. 5 mm breit, seltener bis 10 mm breit; gewöhnlich nur ein Interkalarblattpaar oder keine Interkalarblätter. In der Regel nur die Brakteen gezähnt, Blätter ungezähnt. Ackerform.

Standorte: Creux de Genthod, Genève (Ducommun, H. L.); Belmont, Lausanne (H. L.); Lausanne (Bertschinger, U. Z.); Vevey (Wilczek, H. L.); Nyon et Céligny, Vaud (Tavel, U. Z.); Yvoire près Genève (Ayasse, U. Z.); Aubonne, Vaud (Vetter, U. Z.); Valleyres près Orbes (Moehrlen, U. Z.); Entre Bernex et Aire la ville (U. Z); Archamps (Bär, U. Z., Ducommun, H. L.); Neuveville, (Hess,

U. Z.); Lavey (Muret, H. L.); Mont d'Orge, Wallis (Hegi, U. Z.); Salin (F. O. Wolf, U. Z.); Sierre (F. O. Wolf, U. Z.); Brig (F. O. Wolf, U. Z.); Bex (Muret, H. L.); Poschiavo (Pozzi, P. Z.); Sigriswil am Thunersee (Leutwein de Fellenberg, U. Z.); Burgdorf (Wild, U. Z.); And (Mayer, U. Z.); Katzensee (Rikli, P. Z.; Secretan, Wild, U. Z.); Wülflingen (Siegfried, U. Z.); Griesbach (Hess, U. Z.); Wytikon (Itschner, Hess, U. Z.); Kyburg (Rebsamen, U. Z.); Küssnacht (Lutz, U. Z.); Wetzwil (Baur, U. Z.); Volketswil (Naegeli, U. Z.); Dübendorf (Tavel, U. Z.); Isikon (Thellung, U. Z.); Brütten (Bachmann, U. Z.); Marthalen (Forrer, U. Z.); Zürich (Siegfried, P. Z.); Zürichberg (Weilenmann, Siegfried, U. Z.); Albisgütli bei Zürich (Siegfried, U. Z.); Oberglatt (Rikli, P. Z.); Schleitheim, Kt. Schaffhausen (Vetter, U. Z.); zwischen Schuls und Remüs, Unter-Engadin (Krättli, U. Z., P. Z.); Chur (Brunies, U. Z.); Zernez (Brunies, U. Z.); Remüs (Muret, P. Z., H. L.); Strada (Heer, P. Z.).

subspec. 4. Melampyrum Semleri

Ronniger et Poeverlein, Allgemeine Botanische Zeitschrift, 1907, pag. 179.

Pflanze von zartem, schlankem Wuchs, meist nur 25—30 cm hoch, selten höher; Internodien wenige (5—6 bis zur ersten Blüte); Hauptachse meist unverzweigt; Äste, wenn vorhanden, nur wenige, kurz, steil aufwärtsstrebend und steril; nur ein Interkalarblattpaar oder keines; Blätter sehr schmallanzettlich, selten über 4 mm breit; Kotyledonen zur Blütezeit vorhanden und frisch. Blütezeit Anfang Juni. Ästivale Rasse.

Standorte: Bichelsee (Hegi, U. Z.); Gislikon (Schinz, U. Z.); Regensdorf (Schinz, U. Z.); Winterthur (in einer Waldwiese am Fussweg vom Bruderhaus zum Eschenberghof (Siegfried, U. Z., P. Z.); Marthalen (Forrer, U. Z).

* * *

Von den vorstehend beschriebenen Rassen des *Melampyrum arvense* möchte ich *Melampyrum pseudobarbatum* als den ursprünglichen Taltypus (monophyle Talrasse) auffassen und das *Melampyrum Schinzii* als die Bergform des ursprünglichen Typus (monophyle Montikol-Rasse) bezeichnen. Als abgeleitete Formen betrachte ich den Ackertypus: *Melampyrum arvense* sens. strict. und den ästivalen Wiesentypus: *Melampyrum Semleri*.

Erwähnen möchte ich an dieser Stelle noch, dass ***Melampyrum variegatum*** Huter, Porta et Rigo, Österreichische Botanische Zeitschrift 1907, pag. 246, eine dem *Melampyrum arvense* zwar nahe stehende, aber davon wohl zu unterscheidende eigene Art darstellt, wie ich an Exemplaren vom Monte Gargano im Herbar Lausanne und im Herbar Halácsy konstatieren konnte.

Der Kelch ist bei dieser Art genau so behaart wie bei *Melampyrum subalpinum*, also nur an den Nerven mit relativ langen Haaren besetzt, während der Kelch des *Melampyrum arvense* auf der ganzen Fläche mit kurzen Härchen bekleidet ist und das *Melampyrum barbatum* eine dicht wollig zottige Kelchbehaarung besitzt.

3. *Melampyrum barbatum*

W. K. pl. rar. Hung. I. pag. 89, t. 86.

Melampyrum barbatum ist durch den wollig zottigen Kelch von *Melampyrum arvense* stets leicht zu unterscheiden. Die Brakteen sind überdies gewöhnlich hellgrün, bleich (seltener rot), bei *arvense* gewöhnlich leuchtend rot; die Blumenkrone ist fast stets gelb (selten rotviolett oder weiss), bei *arvense* gewöhnlich weiss oder hellrötlich.

Die Schweizer Pflanze gehört zur **var. purpureo-bracteatum** Schur Enumerat. Plant. Transsilv., 1866, pag. 506, mit purpurnen Brakteen, welche im allgemeinen die seltenere ist.

Standorte: Liegt mir aus der Schweiz nur von einem einzigen Standorte vor, und zwar: Au bief d'Ependes près Orbe, Cant. de Vaud, leg. Dr. Moehrlen (9. VII. 1891, U. Z.) und scheint daselbst nur eingeschleppt zu sein, wie auch auf der Herbar-Etikette vermerkt ist.

4. *Melampyrum nemorosum*

L. spec. plant. ed. I., pag. 605, sens. lat.

Das *Melampyrum nemorosum* ist von fast allen anderen europäischen Arten, welche blau gefärbte Deckblätter besitzen, dadurch sehr leicht zu unterscheiden, dass der Kelch dicht wollig zottig ist und auch die Brakteen am Grunde ziemlich stark behaart sind (nur das *Melampyrum catalaunicum* Freyn hat ebenfalls einen zottigen Kelch, aber ganz anders geformte, länglich-lanzettliche Stengelblätter). Die Corolle ist meist etwas kleiner als bei den übrigen Arten (meist unter 20 mm, gewöhnlich 16 mm) und der Rachen derselben fast geschlossen, die Unterlippe in der Verlängerung der Kronenröhre gerade vorgestreckt. (Meidet nach meinen Beobachtungen kalkreichen Boden.)

subspec. 1. Melampyrum nemorosum

L. sens. strict., Wettstein in Denkschriften der Mathemat. Naturwissenschaftl. Klasse der Akadem. der Wissenschaft., Wien, 1900, pag. 326.

Indernodien zahlreich, die unteren nicht gestreckt; Kotyledonen zur Blütezeit fast stets verwelkt oder abgefallen; Pflanze sparrig verzweigt, zwischen der obersten Verzweigung und dem untersten Blütenpaar sind an der Hauptachse Interkalarblattpaare eingeschaltet. Mittlere Stengelblätter eiförmig oder eilänglich, 15—35 mm breit.

Bemerkenswert ist, dass das *Melampyrum nemorosum* s. str. aus der Gegend von Vevey am Genfersee durchwegs eine wesentlich kürzere Kelchbehaarung aufweist als dies bei *Mel. nemorosum* sonst der Fall ist.

(**f. vaudense** Rgr. nov. forma).

Standorte der typischen Form: Jura, supra Vallengin, (Kölliker, P. Z.).

Standorte der *f. vaudense:* Jongny sur Vevey (Leresche, Schalch, P. Z.; Muret, Mack, H. L.; Jaccard, U. Z.); Vevey (Gaudin, H. L.); Tourbière de Barussel près de Jongny (H. L.); Nant sur Vevey (Vetter, Jaccard, F. O. Wolf, Gremli; Burnat in „Société pour l'étude de la flore Franco-Helvetique Nr. 786 mit dem Vermerk „seule localité de la Suisse"; Jacob, U. Z.); Chatel St. Denis (Cottet, P. Z.): Vevey, Strasse nach Chatel St. Denis (Wilczek, H. L.); Attalens sur Vevey (Rehsteiner, P. Z.); Corsier près Vevey (Jaccard, H. L); Palézieux (Muret, H. L.); Hauteville supra „Viviscum" (Vevey) (Schleicher, H. L.); bei Biel (Egli, U. Z.).

Standort der *f. vaudense* ausserhalb der Schweiz: Gap, Bois de Monteyes (Reverchon, U. Z.).

Im Anschlusse an *Melampyrum nemorosum* L. wäre das **Melampyrum decrescens** Celakovsky fil. Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, Prag, 1887, pag. 117, kurz zu besprechen. *Melampyrum decrescens* ist sowohl nach der Diagnose als auch nach den mir mehrfach vorliegenden Originalexemplaren, welche in der Flora exsiccata austro-hungarica unter Nr. 2601 ausgegeben wurden, zweifellos nichts anderes als *Melampyrum nemorosum* L. sens. strict.

Aus der in tschechischer Sprache[1]) verfassten Abhandlung Čelakovskys geht hervor, dass *Melampyrum decrescens* mitten unter normalen Pflanzen des *Melampyrum nemorosum* wächst und sich durch den unterbrochenen Blütenstand, dessen untere Brakteen häufig grün sind und sich ganz allmählich verkleinern, von *Melampyrum nemorosum* unterscheidet. Nun hat das *Melampyrum nemorosum,* welches die untersten Blüten zuerst und die obersten zuletzt öffnet, gegen Ende seiner Blütezeit, wenn nur mehr die obersten Blüten geöffnet sind und die Pflanze mehr und mehr in das Fruchtstudium übergeht, stets einen gestreckten, unterbrochenen Blütenstand, dessen Brakteen sich ganz allmählich verkleinern; auch ist ein Vergrünen der zuerst blau überlaufenen Brakteen häufig zu bemerken.

Es ist daraus zu ersehen, dass Celakovsky das Fruchtstadium des *Melampyrum nemorosum* L. für eine neue subspecies gehalten hat, was ihn aber nicht hindert, sich über die „zersplitternde Art", wie A. v. Kerner und G. v. Beck neue *Melampyrum*-„Species" aufstellten, abfällig zu äussern. Die Originalexemplare sind übrigens meist putat, was auf den habituellen Eindruck nicht ohne Einfluss ist und daher den Irrtum vielleicht erklärlich macht.

[1]) Für die freundlich besorgte Übersetzung bin ich meinem Kollegen Josef Pirka zu Dank verpflichtet.

subspec. 2. Melampyrum silesiacum
Ronniger nova subsp.

Pflanze verzweigt (1—4 Astpaare); Interkalarblattpaare fehlend; Internodien ziemlich zahlreich; mittlere Stengelblätter länglich-lanzettlich, an der Basis am breitesten; Kotyledonen zur Blütezeit gewöhnlich verwelkt oder abgefallen; sonst wie *Mel. nemorosum*. Ist als Monticol-Form des *Mel. nemorosum* aufzufassen.

Standorte: Liegt mir aus der Schweiz nicht vor; ausserhalb der Schweiz: Jena (Thüringen, P. Thieme, U. Z.); Münsterwalder Forst bei Fiedlitz (Scholz, U. Z.); Waldenburg (Schlesien, Felsmann, U. Z.).

subspec. 3. Melampyrum moravicum
H. Braun, Österr. Botan. Zeitschr., 1884, pag. 422.

Internodien wenige, die untersten sehr gestreckt, Kotyledonen zur Blütezeit meist vorhanden und frisch. Stengel meist einfach, oder mit wenigen, steil nach aufwärts gerichteten Ästen; mittlere Stengelblätter länglich-lanzettlich, selten mehr als 10 mm breit. Ist als Ästivalform des *Mel. nemorosum* sens. lat. aufzufassen.

Melampyrum moravicum wurde bisher, nach dem mir vorliegenden Materiale zu schliessen, in der Schweiz noch nicht gefunden, doch ist es als wahrscheinlich zu betrachten, dass diese Pflanze noch gefunden wird.

Noch nicht publizierte Standorte: Thüringen, Jena (H. Fischer, U. Z.); Russland, Insel Dagoe, Kallaste (C. Winkler, U. Z.).

Von Farbenvarietäten des *Melampyrum nemorosum* sens. lat., deren Bedeutung mir eine untergeordnete zu sein scheint, wurden bisher beschrieben:

var. **virens** Klett und Richter nach Peterm. flor. Lips (= var. *viride* Schur Enumerat. Plant. Transsilv. 506) Deckblätter grün.

var. **meridionale** Murr. Deutsche Botan. Monatsschrift 1899, pag. 100 und Magyar Botanikai Lapok 1908, pag. 77. Deckblätter purpurrot (nach Murr. auch hie und da grün; letztere Exemplare müsste man aber zur var. *virens* stellen).

* * *

Da ich bei Studium der schweizerischen *Melampyra* insbesondere mit allen jenen europäischen Arten, welche sich um *Melampyrum nemorosum* gruppieren, näher vertraut wurde, füge ich an dieser Stelle eine Übersicht derselben bei:

Analytische Übersicht der mit *Melampyrum nemorosum* L. verwandten *Melampyrum*-Arten der europäischen Flora.

1. Corolle mit einem wenig geöffneten Rachen, die Unterlippe in der Richtung der Kronenröhre gerade vorgestreckt, nicht herabgeschlagen; die Unterlippe bildet mit der Oberlippe einen spitzen Winkel. Kelch kahl oder spärlich behaart bis zottig.
   . Kelch auf der ganzen Fläche behaart (stärker oder schwächer, gleichmässig oder an den Nerven stärker).
      3. Blüten gross bis mittelgross, 13—20 mm lang, Stengelblätter am Grunde nicht gezähnt; Kelchzähne gleichmässig behaart.
         4. Kelch dicht zottig.
            5. Blätter eiförmig bis länglich-lanzettlich, am Grunde in den Stiel rasch zusammengezogen oder fast abgerundet, 15—35 mm breit (bei der Ästivalform etwas schmäler, aber auch dann am Grunde am breitesten); Brakteen 4—vielzähnig; Blüten 16—20 mm lang. — Grösster Teil Mitteleuropas.
               Melampyrum nemorosum L. sens. lat.
               6. Monophyle Talform (Beschreibung siehe oben).
               subspec. nemorosum L. sens. strict. l. c.
               6*. Monophyle Montikol-Rasse (Beschreibung siehe oben).
               subspec. silesiacum Ronniger nova subsp.
               6**. Ästivale Rasse (Beschreibung siehe oben).
               subspec. moravicum H. Braun l. c.
            5*. Mittlere Stengelblätter länglich-lanzettlich, gewöhnlich in der Mitte am breitesten, höchstens 12 mm breit, die meisten schmäler; Brakteen nur 1—2zähnig; Korollen 14 mm lang, — Spanien.
            Melampyrum catalaunicum Freyn, in Flora 1884, pag. 680.
         4*. Kelch gleichmässig mit sehr kurzen Härchen besetzt; Kelchzähne meist kürzer als ihre Röhre, höchstens so lang als dieselbe, Kelch die Hälfte der Korolle kaum erreichend; Korolle ca. 16 mm lang; Blätter länglich-lanzettlich, in der Mitte am breitesten, untere Brakteen den Stengelblättern ähnlich, nur die obersten gezähnt. — Südtirol, Velebit. — Hiemit Synonym dürfte sein: *M. austrotirolense* Huter et Porta, Österr. Botan. Zeitschrift 1907, pag. 246.
         Melampyrum Velebiticum Borbas. (Das Zitat konnte ich nicht ermitteln; vergleiche auch H. von Handel-Mazzetti in Verhandlungen der zoolog.-botanischen Gesellschaft. Wien, 1908, pag. 106).
      3*. Blüten sehr klein (10—12 mm), oberste Stengelblätter am Grunde gezähnt; Kelche an den Nerven mit längeren Haaren, auf den dazwischen liegenden Flächen dicht kurzhaarig. — Mazedonien, Serbien.
      Melampyrum Scardicum Wettstein sens. lat.
         7. Monophyle Talform. Stengel kräftig, ca. 40 cm hoch; Kotyledonen zur Blütezeit abgefallen; durchschnittlich 5 Internodien bis zur ersten Blüte, untere Internodien verkürzt, nur 2—3 cm lang; 1—2 blütentragende Astpaare vorhanden, Äste bogig aufstrebend, Stengelblätter ca. 10 mm breit. — Südostserbien, „Collis bleje prope pagum Crupać (Pelivanovic, 1887, Herbar Halácsy, Wien).
         subspec. serbicum Ronniger nova subspec.

7*. Monophyle Alpenform (Montikol-Rasse). Pflanze unverzweigt, 10—20 cm hoch; Internodien wenige, ca. 2 cm lang; Blätter 5—7 mm breit. — Albanien, Sar-Dagh.

subspec. Scardicum Wettstein in Bibliotheca Botanica, Heft 26 (1892), pag. 81, pro spec.

7**. Ästivalform; Stengel ziemlich hoch (30—40 cm), einfach oder mit 1—2 steil aufstrebenden Astpaaren; durchschnittlich nur 3 sehr langgestreckte Internodien bis zur ersten Blüte, untere Internodien 4—6 cm lang; Stengelblätter ca. 10 mm breit. — Serbien, „Rupje près de Vlassine (Petrovic, V. 1886, Herbar Halácsy, Wien).

subspec. Wettsteinii Ronniger nova subspec.

2*. Kelch nur auf den Nerven behaart oder fast kahl.

8. Zähne der Brakteen in haarfeine, ca. 10 mm lange Grannen ausgezogen, welche mit sehr feinen Papillen besetzt sind und wie ein Gewirre feiner Haare aus dem Gipfel des Blütenstandes herausragen. — Mazedonien.

Melampyrum heracleoticum Boiss. et Orphanides in Boissier, Flor. Orient. IV., pag. 482.

8*. Brakteenzähne nicht haarförmig.

9. Brakteen ungezähnt; Stengelblätter länglich-lanzettlich bis lineal (2—5 mm); Brakteen bis an die Spitze sämtlich lineal und ungezähnt, selten mit wenigen ganz unbedeutenden Zähnen; Kelchzähne ca. viermal länger als die Kelchröhre; Kelch fast die Länge der Korolle erreichend. — Herzegowina.

Melampyrum trichocalycinum Vandas in Sitzungsber. der Böhmisch. Gesellsch. der Wissenschaften, Prag, 1890, pag. 275.

9*. Brakteen gezähnt; Kelch höchstens halb so lang als die Korolle.

10. Stengelblätter länglich-lanzettlich oder lineal, in der Mitte am breitesten; Blüten meist unter 20 mm lang. — Östliches Frankreich, Salzburg, Niederösterreich, Bosnien.

Melampyrum subalpinum Juratzka sens. lat.

11. Monophyle Rasse. Stengel reichästig verzweigt, Interkalarblätter vorhanden; Internodien sehr zahlreich, die unteren verkürzt. Kotyledonen zur Blütezeit abgefallen oder vertrocknet. Im Herbst, frühestens Ende August blühend.

subspec. subalpinum Juratzka in Abhandl. des zoolog. botan. Vereins, Wien, 1857, pag. 509. — Hiezu var. stenotaton Wiesbaur (Österr. Botan. Zeitschrift 1884, pag. 269) mit ganz schmalen linealen Blättern. — Die var. *stenotaton* ist dadurch bemerkenswert, dass sie sich, wie ich an den Standorten der Pflanze im Gebiete des Eisernen Tores (Hoher Lindkogel) bei Baden in Niederösterreich beobachten konnte, gegen das typische *Mel. subalpinum* geographisch streng ausschliesst, dabei aber die Eigentümlichkeit zeigt, dass sie nicht selten auch Blüten mit herabgeschlagener Unterlippe trägt, was bei *M. subalpinum* sonst nicht vorkommt. Da sowohl dieses Merkmal als auch die schmalen Blätter auf *Mel. angustissimum* hindeuten, möchte ich daraus folgern, dass das *Mel. stenotaton* den Rest eines relativ alten Typus darstellt, von dem sowohl *Mel. subalpinum* als *Mel. angustissimum* abstammen.

11*. Ästivalform; Stengel einfach oder mit 1—2 steil nach aufwärts gerichteten Astpaaren; Internodien wenige, gestreckt (3—4 bis zur ersten Blüte, je 4—6 mm lang), Stengelblätter länglich-lanzettlich, sehr fleischig, in der Mitte am breitesten; im Mai blühend. **subspec. Hoermannianum** Maly, Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina, 1900, pag. 541, pro specie.

(Nach dem mir vorliegenden reichen Materiale bin ich zur sicheren Überzeugung gelangt, dass *Mel. Hoermannianum* als die ästivale Rasse des *Mel. subalpinum* anzusehen ist.)

10*. Stengelblätter länglich-lanzettlich, am Grunde am breitesten; Blüten sehr gross, gewöhnlich 20 mm lang, oft noch etwas darüber. — Östliche Karpathen. **Melampyrum Bihariense** A. Kerner sens. lat.

12. Monophyle Rasse. Pflanze reichästig-verzweigt. Interkalarblätter vorhanden; Internodien sehr zahlreich, die unteren verkürzt. Kotyledonen zur Blütezeit abgefallen oder vertrocknet.

subspec. Bihariense A. Kerner in Schedae ad floram exsiccat. austro-hungaricam Nr. 134 und Nr. 625 (Heft I, pag. 35 und Heft II, pag. 113), pro spec.; Synon. *Mel. subalpinum* A. Kerner in Österr. Botan. Zeitschr., 1863, pag. 363.

12*. Ästivale Rasse. Stengel einfach oder mit sehr wenigen, kurzen, steil aufstrebenden Ästen; Internodien wenige, gestreckt (4—6 bis zur ersten Blüte), je 4—5 cm lang; Kotyledonen zur Blütezeit vorhanden und frisch; Blätter dicklich, länglich-lanzettlich, an der Basis am breitesten. Im Juni blühend.

subspec. Coronense Ove Dahl ined. (in schedis in Herbar Halácsy, Wien, pro specie).

Standorte des *Coronense*: Rodna (Porcius, U. Z., Herb. Ronniger); Ktana bei Klausenburg (Alad. Richter, H. L.); In loco „Pojanâ" prope Corona (Kronstadt) (J. Römer, Herb. Halácsy, Wien).

1*. Korolle mit stark geöffnetem Rachen, Unterlippe herabgeschlagen, Unter- und Oberlippe bilden einen Winkel von mindestens 90°, meist aber einen stumpfen Winkel; Kelch stets spärlich, gewöhnlich nur auf den Kelchnerven behaart.

13. Die oberen Brakteen aus breitem, stark gezähntem Grunde zugespitzt, blau überlaufen.

14. Kelchzähne fast doppelt so lang als ihre Röhre, der Kelch halb so lang als die Krone. — Niederösterreich, Steiermark.

Melampyrum angustissimum G. v. Beck sens. lat.

15. Monophyle Rasse. Pflanze sparrig verzweigt; Interkalarblätter vorhanden; Internodien zahlreich; mittlere Stengelblätter 1,5—4 mm breit, selten breiter.

subspec. angustissimum G. v. Beck in Abhandlungen der zoolog. bot. Gesellsch., Wien, 1882, p. 187, pro specie.

15*. Ästivale Rasse. Pflanze einfach oder wenig verzweigt; Kotyledonen zur Blütezeit frisch und vorhanden; Internodien wenige und gestreckt; Interkalarblätter fehlen; mittlere Stengelblätter meist 7 mm breit.

subspec. grandiflorum A. Kerner in Schedae ad floram exsiccatum austro-hungar., Nr. 626 pro spec. (1883).

14*. Kelchzähne meist kürzer, höchstens ebenso lang als ihre Röhre; Kelche meist nur ⅓ so lang als die Korolle, die Hälfte derselben nicht erreichend, vorwiegend auf den Kelchnerven spärlich behaart, doch auch auf den dazwischen liegenden Flächen mit einzelnen kurzen Härchen. Sparrig verzweigte oder unverzweigte Alpenpflanze von 15—30 cm (meist 20 cm) Höhe; Internodien zahlreich; Interkalarblätter vorhanden; mittlere Stengelblätter 5—10 mm breit, länglich-lanzettlich, sehr kurz gestielt bis fast sitzend, gegen den Grund am breitesten; Blüte zirka 16 mm lang.

Melampyrum intermedium Perrier et Songeon, Bullet. de l'Herbier Boissier II. (1894) pag. 426.

13*. Die oberen Brakteen ebenso wie die unteren lineal, meist ungezähnt, selten mit einzelnen Zähnchen, meist grün, seltener blau überlaufen. Alle Stengelblätter schmallineal; reich verzweigte Pflanze vom Habitus der monophylen Rassen. — Böhmen, Mähren.

Melampyrum fallax Čelakovsky Prodromus der Flora von Böhmen, pag. 832 (Februar 1881) pro spec. Synon. *M. nemorosum* b. *subalpinum* Čel. Prodr. der Fl. v. Böhmen pag. 338 (1871) non Juratzka; *M. stenophyllum* vel. *M. nemorosum* var. *stenophyllum* Čelak. in Österr. Botan. Zeitschr., 1879, pag. 365, non Boiss. Flor. Orient. IV., pag. 482 (1879); *Mel. Bohemicum* Kerner in Schedae ad flor. exsiccat. austro-hung. Nr. 135 (Juni 1881). — Da Čelakovsky loc. cit. auch den Artnamen *M. fallax* in Klammer beisetzt, so ist nach den Nomenclaturregeln von 1905, wie ich glaube, der giltige Name *M. fallax* und nicht *M. Bohemicum* (entgegen Fritsch, Exkurs. Flora f. Österr., 2. Aufl. 1909, pag. 545).

5. *Melampyrum subalpinum*

Juratzka in Abhandlungen des zoolog. botan. Vereins, Wien, 1857, pag. 509, als var. des *Mel. nemorosum.* — **subspec. subalpinum** Ronniger (siehe den vorausgehenden Schlüssel).

Melampyrum subalpinum unterscheidet sich von *Melampyrum nemorosum* dadurch, dass der Kelch nur an den Nerven behaart ist (bei *nemorosum* dicht zottig), durch den längeren Kelch (½ der Korolle, bei *nemorosum* ⅓ der Korolle), die Blattform (in der Mitte am breitesten, bei *nemorosum* an der Basis am breitesten) und die Form der Deckblätter, welche von den Stengelblättern fast nicht abweichen, während sie bei *nemorosum* stark behaart und herzeiförmig sind.

Standorte: Aus der Schweiz bisher nicht nachgewiesen. Aus dem benachbarten Savoyen sah ich Exemplare von folgenden Standorten: St-Gervais les Bains (Rome, H. L.); Pont de Passy près St-Gervais les Bains (Vallette, H. L.); Bois Champion près Brides, Tarentaise (Fauconnet, H. L.).

6. Melampyrum intermedium

Perrier et Songeon, Bulletin de l'Herbier Boissier II. (1894), p. 426.

Melampyrum intermedium unterscheidet sich sowohl von *Mel. nemorosum* als auch von *Mel. subalpinum* durch die herabgeschlagene Unterlippe der Korolle, von ersterem auch durch den spärlich behaarten Kelch, dessen Behaarung von *Mel. subalpinum* dadurch abweicht, dass auch zwischen den Nerven spärliche Härchen vorhanden sind. *Mel. subalpinum* hat übrigens einen längeren Kelch ($^1/_2$ der Korolle, *intermedium* $^1/_3$ der Korolle). Die Blattform nähert sich mehr jener des *nemorosum* (an der Basis am breitesten, bei *subalpinum* in der Mitte am breitesten).

Standorte: Aus der Schweiz bisher nicht nachgewiesen. Aus dem benachbarten Savoyen sah ich Exemplare von folgenden Standorten: Petit St-Bernard, versant français, forêts sèches sur Séez (Wilczek, H. L.); Bourg St-Maurice, Tarentaise, descendant du Petit St-Bernard (Wilczek, H. L.); St-Michel en Maurienne, en allant à Valloire (Wilczek, H. L.).

Interessant ist es, dass in den französischen Alpen, also am Westrande der Alpen die Gruppe des *Melampyrum nemorosum* in ähnlicher Weise vertreten ist, wie am äussersten Ostrande der Alpen, am Saume des Wiener Beckens. Neben dem kalkmeidenden *Mel. nemorosum* findet man hier und dort das kalkliebende *Melampyrum subalpinum*, welches im Korollenbaue mit *M. nemorosum* übereinstimmt (sich aber in der Kelchbehaarung und der Blattform wesentlich unterscheidet). Ausser dem *Mel. subalpinum* tritt in Niederösterreich das *Mel. angustissimum* mit herabgeschlagener Unterlippe auf — in Savoyen ebenfalls neben dem *Mel. subalpinum* das durch die herabgeschlagene Unterlippe ausgezeichnete *Mel. intermedium*. In den dazwischen liegenden Gebieten fehlt, soweit bisher bekannt, das *Mel. subalpinum* (ich sah nur aus Glanegg bei Salzburg ein Exemplar, leg. Dr. Stohl im Herb. Halácsy) und ebenso *Mel. angustissimum*, bezw. *Mel. intermedium* —, eine Erscheinung, welche gewiss nur durch die Ereignisse der Eiszeit erklärt werden kann.

Mel. intermedium unterscheidet sich von *Mel. angustissimum* durch sehr kurze Kelchzipfel (bei *angustissimum* doppelt so lang als ihre Röhre, bei *intermedium* etwas kürzer als ihre Röhre) und durch eine andere Blattform (*angustissimum* lineal-lanzettlich, 1,5—4 mm breit, in der Mitte am breitesten; *intermedium* länglich-lanzettlich, 5—10 mm breit, gegen die Basis am breitesten), sowie durch etwas abweichende Kelchbehaarung.

7. *Melampyrum pratense*
L. spec. plant. ed. 1, pag. 605 sens. lat.

Melampyrum pratense sens. lat. steht im Blütenbaue dem Verwandtschaftskreise des *Mel. nemorosum* L. zunächst, unterscheidet sich aber von diesem durch die stets kahlen Kelche und die niemals blau überlaufenen Deckblätter. Von dem *Mel. silvaticum* sens. lat., welches ebenfalls kahle Kelche besitzt, ist es durch die Gestalt der Korolle stets leicht zu unterscheiden. Die Blüte des *Mel. pratense* ist 15—17 mm lang, länglich-gestreckt, die Unterlippe gerade vorgestreckt, jene des *Mel. silvaticum* höchstens 10 mm lang, mit herabgeschlagener Unterlippe und stark gewölbter Oberlippe.

subspec. 1. Melampyrum vulgatum

Persoon Synops. II. pag. 151 (Synon. *M. commutatum* Tausch. Plant. select. Nr. 1201 pro parte, A. v. Kerner in Österr. Botan. Zeitschrift 1870, pag. 271; *Mel. laciniatum* Kosh. et Zinger, Bullet. de la Société impér. des Naturalistes de Moscou, 1881, p. 313).

Stengel kräftig, bis 50 cm hoch, mit gewöhnlich sparriger Verzweigung; Äste bogig aufstrebend, Blüten tragend; Internodien zahlreich, bis zur untersten Blüte meist viel mehr als 4, die unteren kurz und gedrängt, unterste nur 2—3 cm. Interkalarblattpaare 1 bis viele, Brakteen mit Ausnahme der untersten reichlich gezähnt, die oberen fast sternförmig eingeschnitten (Individuen mit fast ungezähnten Brakteen kommen nur selten und vereinzelt vor). Monophyle Talrasse, fast nur in Wäldern oder unter Buschwerk.

Nach der Gestalt der Stengelblätter sind mehrere Varietäten zu unterscheiden:

var. **ovatum** Spenner Flor. Frib. II. pag. 367. Mittlere Stengelblätter 15—20 mm breit.

var. **lanceolatum** Spenner Flor. Frib. II. pag. 367. Mittlere Stengelblätter 5—14 (meist 10) mm breit.

var. **linifolium** Ronniger nova var. Stengelblätter nur ca. 1—3 (meist 2) mm breit (unterscheidet sich von der ebenfalls sehr schmalblättrigen f. *paludosum* Gaud. der subspec. *paradoxum* Dahl durch die reichlich gezähnten Brakteen, durch die reiche Verästelung und die zahlreichen Interkalarblätter, wächst überdies an trockenen Orten.

Die var. dissectibracteatum Evers, Verhandl. der zoolog. botan. Gesellschaft, 1896, pag. 76 (= var. castanetorum Murr, Allgemeine Botan. Zeitschrift 1905, pag. 32), beide Namen für eine angebliche südliche Form mit besonders tief und scharf gezähnten Deckblättern geprägt, kann meiner Meinung nach nicht aufrecht erhalten werden, da nach gewissenhaftem Vergleiche grösseren Materiales

die Zähnung der Brakteen sehr häufig an den meisten Standorten nördlich der Alpen ebenso intensiv ist, wie südlich der Alpen und ich sonstige Unterschiede einer eventuellen südlichen Rasse nicht finden konnte.

Standorte:

var. ovatum: Forêt de châtaigners au dessus de Bex (Burdet, H. L.); Schaffhausen (Schalch, U. Z.); Osterfingen (Muret, H. L.).

var. lanceolatum: Bois de la Bâtie, Genève (Ducommun, H. L.); Environs de Lausanne (H. L.); Gland, Vaud, bois de Rivière (Burdet, H. L.); Lassaraz (Muret, H. L.); Sauvabelin, Lausanne (Muret, H. L.); Aubonne, Vaud (Vetter, U. Z.); Vouvry (F. O. Wolf, U. Z.); Bois d'Aïre, Genève (Ayasse, U. Z.); Ballaigues, Vaud (Vetter, U. Z.); Maragnin de Sion (F. O. Wolf, U. Z.); Neuchâtel, Roche de l'ermitage (Spinner, U. Z.); Aufstieg zum Monte S. Salvadore ob Melide (Schröter, P. Z.); Daro-Bellinzona (U. Z.); Soldino bei Lugano (Schwingruber, U. Z.); Berzona (Bär, U. Z.); Bremgartenwald, Bern (Ducommun, H. L.); Steinhölzli, Bern (Ducommun, H. L.); Hungerberg bei Aarau (Müller arg., P. Z.); Haselberg ob Würenlos, Aargau (Rikli, P. Z.); Wolfsgrub ob den Rütenen bei Regensberg (Rikli, P. Z.); Affoltern am Katzensee (P. Z.); Schaaren (Hess, U. Z.); Zwischen Biel und Twann (Wicki, U. Z.); Zofingen, Aargau (Siegfried. U. Z.); Känzeli (Itschner, U. Z.); Zeihen, Aargau (Dublanc, U. Z.); Flums (Bösch, U. Z.); Wolfsberg oberh. Ermatingen (Baumann, U. Z.); St. Beatenberg (Leutwein-Fellenberg, U. Z.); Eglisau (Bachmann, U. Z.); Häusersee (R. Keller, U. Z.); Marthalen (Forrer, U. Z.); Brühlbachtobel (Bachmann, U. Z.); Volketswil (Bosshard, U. Z.); Seeboden, Schwyz (Muret, H. L.); Um Zürich (P. Z.); Zürichberg (Siegfried, U. Z.); Riffersweil (Hegetschweiler, U. Z.); Hettlingerried, Zürich (Hug, U. Z.); Wolfensberg, Zürich (Magenau, U. Z.; Hug, U. Z.); Wytikon (Hess, U. Z.); St. Gallen (Senn, U. Z.); Wädensweil (Hegetschweiler, U. Z.); Walenstadt (Müller, U. Z.); Walenstadtberg (Schinz, U. Z.); Rossberg bei Winterthur (Wilczek H. L.); Schleitheim, Schaffhausen (Vetter, U. Z.).

var. linifolium: Randa, Wallis (Ducommun, H. L.); an der Viège bei Visp (Rikli, P. Z.); Montée de la Gemmi (Ducommun, H. L.); Pfynwald bei Siders (F. O. Wolf, U. Z.); Maraignaz bei Sion (F. O. Wolf, U. Z.); Pardätschwald bei Vättis (Schinz, U. Z.); Versamer Tobel, Graubünden (Rikli, P. Z.); Pilatus, ob Ämsigen (Schröter, P. Z.); Spreghitto, Comologno, Val Onsernone (Bär, U. Z.). — Standorte der var. linifolium ausserhalb der Schweiz: Wälder am Ostufer des Traunsees (Ronniger, Herb. Ronn.); Landsberg a. W. (Zechert, U. Z.); Thüringerwald, Neuhaus a. R. (Buchenau, U. Z.); Unterweissbach (Buchenau, U. Z.).

subspec. 2. Melampyrum paradoxum

Ove Dahl in A. v. Hayek, Flora Stiriaca exsiccata Nr. 248 (1905). Schedae, pag. 19.

Stengel gewöhnlich wenig verzweigt; Zweige steil aufsteigend, meist steril; Kotyledonen zur Blütezeit manchmal noch vorhanden, oder schon abgefallen; Interkalarblätter vorhanden, doch meist nur 1—2 Paare, oft auch fehlend; Internodien wenige, gestreckt; Stengelblätter länglich-lanzettlich bis eilanzettlich, Deckblätter den Stengelblättern ähnlich, ungezähnt, oder seltener mit wenigen schwachen Zähnen. Montikole Rasse. — Lichte Bergwälder, rasige Stellen der mittleren Bergregion.

Hieher gehört nach meiner Auffassung:

f. **paludosum** Gaudin Fl. Helvet. IV (1829) pag. 122 (= var. turfosum Juratzka in Verhandlungen des zoolog. botan. Vereins, Wien, 1857, pag. 511).

Stengelblätter nur 1—3 mm breit; Brakteen den Blättern ähnlich, meist ungezähnt, seltener mit 1—2 Zähnen jederseits; gewöhnlich nur 1, höchstens 2 Astpaare; 1 Interkalarblattpaar oder keines. — Eine sehr interessante, eigenartige Form. — Auf Torfmooren oder in sehr feuchten moosigen Wäldern. — Da es eine häufige Erscheinung ist, dass Gebirgspflanzen auch in Torfmooren vorkommen, oft als Relikt auch im Flachlande, so ist es verständlich, dass gerade eine Form der montikolen Rasse des *Mel. pratense* sens. lat. die Torfmoore bewohnt.

Standorte: St. Gallen (Brügger, P. Z.); Bremgartenwald bei Bern (Tavel, U. Z.); Pfannenstiel (Hausammann, U. Z.); Rechberg (Bachmann, U. Z.); bei Isone (Jäggli, U. Z.).

Standorte der f. paludosum: Tourbière du Sentier, Vallée de Joux, Vaud (Vetter, H. L., U. Z.; Moehrlen, P. Z.).

subspec. 3. Melampyrum alpestre

Brügger, Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens, XXIX. Jahrg. (Vereinsjahr 1884—1885), Chur, 1886, p. 87, pro spec. und XXXI. Jahrg. (Vereinsjahr 1886—1887), Chur, 1888, Beilage, pag. 141 und 177. (Synon: *Mel. pratense* Wettstein in Denkschriften der Math. Naturwissenschaftl. Klasse der kais. Akademie der Wissenschaften, Wien, 1900, pag. 330, pro parte).

10—20 cm hohe Alpenpflanze, unverzweigt oder nur mit 1 meist sterilen Astpaar; Kotyledonen zur Blütezeit oft noch vorhanden: unterstes Internodium (Hypokotyl) nur 1—2 cm, selten 3 cm lang, selten länger, die folgenden (bis zur ersten Blüte noch 1—2) kurz; Interkalarblätter 0 oder 1—2; Brakteen ganzrandig oder mit 1—2

Zähnen jederseits; Blätter höchstens 5 mm breit, meist schmäler. — Alpine Rasse, bewohnt die Triften und Matten der Hochregion, mit Vorliebe im Schutze von Krummholz oder *Calluna-, Vaccinium-* und sonstigen Zwergsträuchern.

Standorte: Ober-Engadin, Statzersee (Schröter, P. Z.); Muottas Muraigl (Rübel, U. Z.); Berninafälle (Rübel, U. Z.); Crasta da Statz (Rübel, U. Z.); Lenzerheide (Bär, U. Z.); am Ofenbachufer bei Fuorn (Brunies und Hegi, U. Z.); Val Murtaröl bei Buffalora (Brunies, U. Z.); Celerina (Schröter, P. Z.).

Standorte ausserhalb der Schweiz: Steiermark, Planei, Schladminger Kalbling (Hayek, U. Z.), Fl. stir. exsiccat. Nr. 479 als *pratense*); Niederösterreich, Kampstein bei Aspang (Ronniger, Herb. Ronn.); Kärnten; Madritscheng nächst dem Gartnerkofel; Osnabrückerhütte im Gross-Elend; Turracherhöhe am Schwarzsee; Koralpe (sämtl. Ronniger, Herb. Ronn.); Hoheneck in den Vogesen (C. A. Gérard, Herb. Halácsy, unter dem Herbarnamen *Melampyrum monticola* Gérard).

subspec. 4. Melampyrum pratense

L. spec. plant., ed. 1, pag. 605, (= *Mel. pratense* L. β typicum Beck, Flora von Niederösterr. pag. 1070 pro parte, Wettstein Denkschr. der Math. Naturw. Klasse der Akademie der Wissensch., Wien, 1900, pag. 330 pro parte).

Stengel bis 35 cm hoch, einfach oder mit 1—2 Astpaaren, die steil aufstreben und gewöhnlich steril sind; Kotyledonen zur Blütezeit meist vorhanden und frisch; Internodien bis zur ersten Blüte nur 3—4, sehr gestreckt (4—7 cm lang); Interkalarblätter meist 0, höchstens 1 Paar; Stengelblätter länglich-lanzettlich, seltener eilanzettlich (5—20 mm breit); Brakteen meist gezähnt, seltener mit reduzierter Zähnung oder ungezähnt. — Ästivale Rasse der Mäh- oder Weidewiesen.

Auch von dieser subspec. kommt eine var. **ovatum** (siehe subspec. *vulgatum* var. *ovatum*) mit sehr breiten Blättern vor. Es handelt sich dabei jedenfalls um eine Ästivalform, welche aus der var. *ovatum* des *Mel. vulgatum* entstanden ist.

Was die Trennung der zwei subspec. *alpestre* und *pratense* von einander anbelangt, welche bei Wettstein unter dem Namen *pratense* inbegriffen sind, möchte ich kurz folgendes ausführen. Nach meinen Erfahrungen ist es begründet und nötig, die meist hochwüchsigere Form (ästivale Rasse) der Mähwiesen von der niedrigen Alpenform zu unterscheiden, obwohl beide Formen habituell ähnlich sind. Die unterscheidenden Merkmale liegen darin, dass bei *pratense* die untersten Internodien bedeutend länger und die Stengelblätter

breiter sind, dass bei *alpestre* Interkalarblätter viel häufiger auftreten, endlich dass die Brakteen bei *alpestre* fast nie gezähnt, bei *pratense* häufig gezähnt sind. Die äusserliche Ähnlichkeit beruht, wie ich bereits in den einleitenden Worten über den Saisondimorphismus betonte, offenbar in der verkürzten Vegetationsperiode beider Formen, doch ist die Ursache der Verkürzung in dem einen Falle das alpine Klima, in dem anderen Falle die Wiesenmahd, also in beiden Fällen eine verschiedene.

Standorte: Bois de Jorat (Favrat, H. L.); Sauvabelin, Lausanne (Muret, H. L.); Bois de Payerne (H. L.); Soldino bei Locarno (Schröter, P. Z.); Ponte Brolla (Schinz, U. Z.); Aeschi (Soleure, Ducommun, H. L.); Weiacherberg (Wilczek, H. L.); Heiternplatz bei Zofingen (Siegfried, U. Z.); Küssnacht (Baur, U. Z.; Lutz, U. Z.); feuchte Waldwiesen b. d. Kapelle unterh. Crana (Bär, U. Z.). — var. ovatum: Herbar Schleicher (ohne Standortsangabe, H. L.).

Die phylogenetischen Beziehungen der 4 subspec. des *Melampyrum pratense* sind ganz analoge wie bei den entsprechenden subspec. des *Melampyrum silvaticum*. Um Wiederholungen zu vermeiden, verweise ich daher auf die bei dieser Art ausgeführten Ansichten über diesen Gegenstand.

8. *Melampyrum silvaticum*

L. spec. plant. ed. 1, pag. 605 sens. lat.

Melampyrum silvaticum sens. lat. hat von allen schweizerischen *Melampyrum*-Arten die kleinsten Korollen (8—10 mm) und ist daran, sowie an dem kahlen Kelche und den stets grünen Brakteen immer leicht zu erkennen.

subspec. 1. Melampyrum silvaticum

L. loc. cit. sens. strict. (Synon.: *M. tenuifolium* Ove Dahl in Handbog i Norges Flora, 1906, pag. 643, *M. silvaticum* Wettstein in Denkschriften der Math. Naturw. Klasse der Akademie d. Wissenschaften, Wien, 1900, pag. 327, Ronniger in H. Schinz et R. Keller, Flore de la Suisse, 3. édit., pag. 520.

Stengelhöhe (von verkümmerten Exemplaren abgesehen) meist über 10 cm, bis 40 cm, selten mehr; Kotyledonen zur Blütezeit fast stets bereits abgefallen oder vertrocknet; die Blattnarben jedoch am Stengel deutlich sichtbar. Auf diese Blattnarben folgt in relativ kurzer Distanz (Hypocotyl; häufig nur 0,5 cm, seltener 1—2 cm) das erste Astpaar. Dieses erste blattachselständige Astpaar ist fast stets verkümmert; jedes der kurzen Ästchen trägt nur wenige Blattpaare. Durch kurze Internodien getrennt stehen über denselben, je

in der Achsel eines Blattpaares 1—3 (meist 2) Paare kräftiger, blütentragender Äste, die gewöhnlich vom Stengel ab horizontal und sodann im Bogen aufwärts gerichtet sind. Über dem obersten Astpaare folgen zahlreiche (bis 10, selten mehr) Blattpaare, welche in ihren Achseln Blüten tragen. Interkalarblätter (blütenlose Blattpaare) sind bei *Mel. silvaticum* s. str. ziemlich selten eingeschaltet, doch findet man unter den Herb. Exemplaren fast jedes Standortes einzelne Individuen mit 1—2 Interkalarblattpaaren. Blätter lanzettlich oder lineal, meist 5—7 (seltener bis 10) mm breit. Brakteen meist nicht breiter und grösser als die übrigen Blätter der Hauptachse (nur das unterste Blattpaar schmäler), sehr selten am Grunde gezähnt. Kelchzähne klein, gewöhnlich den tiefsten Einschnitt der Korolle nicht erreichend. Blüten tief schwefelgelb. — In lichten Wäldern, unter Buschwerk, an steinigen, buschigen Abhängen und Waldrändern der Hügel-, Bergregion und der Voralpen.

var. **pallens** Ausserdorfer in schedis 1872, Haussknecht in Mitteilungen des botanischen Vereins für Gesamtthüringen (enthalten in Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft für Thüringen, Jena, 1890), pag. 46.

Nicht nur durch die Blütenfarbe ausgezeichnet (fast weiss mit bräunlichen Streifen), sondern — was mir wichtiger scheint — durch einen sehr eigenartigen Habitus: Brakteen und Blätter nur 1—2 mm (selten bis 4 mm) breit; unterste Äste so lang wie das obere, unverzweigte Stück der Hauptachse, schwach nach abwärts gebogen und nur mit der Spitze aufstrebend.

var. **angustifolium** Ronniger nova var. Blätter nur 1—2 mm breit, Wuchs im übrigen normal; Blütenfarbe tief dunkelgelb. Form besonders trockener Standorte.

Standorte des *M. silvaticum* s. str.: Dreusine-Senglos, Vallon de Plans, Vaud (Wilczek, H. L.); St-Imier, Jura (Ganzoni, U. Z.); Ct. Cergue (Muret, H. L.); Chaumont (Muret, H. L.); Crey (Muret, H. L.); Vallorbes (Muret, H. L.); Pont de Nant (Muret, H. L.); Marchissy (Muret, H. L.); Mont Jorogne (Muret, Masson, H. L.); St-Croix (H. L.); Le Richard sur Bex (Ducommun, H. L.); Vouvry (Ducommun, H. L.); Miex sur Vouvry (F. O. Wolf, U. Z.); Mayens de Sion (F. O. Wolf, U. Z.); Crens ob Lens (F. O. Wolf, U. Z.); Lac de Joux (H. L.); Kaiseregg Freiburg (Wilczek, H. L.); Altanca ob Ambri-Piolta (Hegi, U. Z.); Bosco (Elzi, Bär, U. Z.); Preisa gegen Cresta (Bär, U. Z.); Toira, Olivone (R. Keller, U. Z.); Chioso (Bär, U. Z.); Üborah (Elzi, U. Z.); Poschiavo (Pozzi, P. Z.); Staffelwald im Pommat, Formazzatal (Rikli, P. Z.); Bevers (Hegi, U. Z.); Maloja (Hegi, U. Z.); Cinuskel (Biveroni, U. Z.); Bondasca (Hegi, U. Z.);

Albigno (Hegi, U. Z.); Tarasp (Schneider, U. Z.); Klosters (Leisi, U. Z.); Pontresina (Rübel, U. Z.); St. Moritz (Rübel, U. Z.); Sufers im Rheinwald (Brügger, P. Z.); Schynige Platte (E. Wild, U. Z.); Engelberg (Egloff, U. Z.); Melchtal (Werndli, U. Z.); Maderanertal (Siegfried, U. Z.); Ballaignes (J. Vetter, U. Z.); Freiburg (O. Herold, U. Z.); Sigriswil (Leutwein-Fellenberg, U. Z.); Gurten b. Bern (Tavel, U. Z.); Grindelwald (Wicki, U. Z.); Hohle Gasse (H. Fischer, U. Z.); Diezikon-Wald, Zürich (H. Kägi, U. Z.); Flums (Bösch, U. Z.); Laubhorn, Simmental (Frick, U. Z.); Kandergrien, Bern (Muret, H. L.); Schönegg bei Interlaken (Ducommun, H. L.); Klusi ob Erlenbach (Ducommun, H. L.); Andermatt (P. Z.); Surenen (Schulthess, P. Z.); Bischiberg bei Langentannen, Thurgau (Naegeli, P. Z.); Churwalden (Bachmann, U. Z.); Murgtal ob Murg (Werndli, U. Z.; Schröter, P. Z.); zwischen Mühlehorn und Murg (Schinz, U. Z.); Tschiertschen (A. Fischer, U. Z.); Einsiedeln (R. Schinz, U. Z.); Schnabelberg bei Einsiedeln (Jäggi, P. Z.); Chur (Brügger als *pratense*, U. Z.); Eggerstanden (A. Meyer, U. Z.); Wallenstadtberg (E. Müller, U. Z.); Marthalen (Forrer, U. Z.); Pardätschwald bei Vättis (Schinz, U. Z.).

Standorte der var. *pallens:* Mayens de Sion (F. O. Wolf, U. Z.); Vernayaz (Muret, H. L.); Eginental (F. O. Wolf, U. Z.).

Standorte der var. *angustifolium:* Sertigtal (Kübler und Ganzoni, U. Z.); liegt sonst aus der Schweiz nicht vor, hingegen zahlreich aus der Flora von Bormio, Val Viola (Longa, U. Z.).

subspec. 2. Melampyrum intermedium

Ronniger et Schinz in H. Schinz et R. Keller, Flore de la Suisse, 3. édit. pag. 521 (1909).

Kräftige, straffe Pflanze, 10—27 cm hoch, gewöhnlich mit einem steil nach aufwärts gerichteten, steifen und kräftigen Astpaar, welches dem unverzweigten Teile der Hauptachse an Länge gleichkommt, seltener einfach und unverzweigt; Kotyledonen zur Blütezeit zum Teile noch vorhanden, zum Teile abgefallen. Verkümmerte Ästchen mit Blattbüscheln entspringen, wenn vorhanden, direkt den Achseln der Kotyledonen (nicht wie bei *silvaticum* s. str. oberhalb derselben). Das blütentragende Astpaar fast stets in der Achsel des den Kotyledonen unmittelbar folgenden Blattpaares. Hypokotyl 2—3 cm lang. Interkalarblattpaar stets fehlend. Internodien des Hauptstengels zahlreich (einschliesslich Hypokotyl bis 10) und gewöhnlich höchstens 2—3 cm lang, nach oben gleichmässig abnehmend. Brakteen fast stets etwas breiter als die Blätter, nicht selten mit einem grundständigen Zahn jederseits (Blätter 2—5 mm breit, Brakteen 5—8 mm, an besonders üppigen Exemplaren bis 15 mm breit). Kelchzähne

meist sehr gross, den tiefsten Einschnitt der Korolle gewöhnlich erreichend. — Wiesenform der mittleren Bergregion, welche seltener unter Buschwerk auftritt, steigt auch in die Alpenregion auf.

Standorte: Le Vuarne, Jura (Muret, H. L.); Dôle, Jura (Muret, H. L.; Müller Arg., P. Z.); Bergün (H. Schinz, U. Z.); Ofenberg (Brunies, U. Z.); Tellenpfadlücke am Pilatus (Siegfried, U. Z.); Lenzerheide (Bär, U. Z.); Champ sech, Ofenpassgruppe (Brunies, U. Z.); San Bernardino (A. v. Salis, P. Z.); auf Plattas a. d. Berninastrasse (Brügger, P. Z., als *M. silvaticum* var. *versicolor* Brügg. mit der Anmerkung „Jüngere Blüten rosenfarbig, ältere weiss"); Alp Cugn im Somvix (Weilenmann, U. Z.); Sta. Maria im Münstertal (U. Z.); Alpi di Croce am Scai, Lukmanier (R. Keller, U. Z.); Arosa (Thellung, U. Z.); Atzmoos, St. Gallen (Hanhart, U. Z.); Flims (Bär, U. Z.); Dischmatal bei Davos (Hegi, U. Z.); zwischen Stiefel und Semtiseralp, Appenzell (Heuscher, U. Z.); Pizzo di Ruscada, Val' Onsernone (Bär, U. Z.); Muottas da Celerina (Rübel, U. Z.); Berninafälle (Rübel, U. Z.).

Standorte ausserhalb der Schweiz: Solaison sur Bonneville, Faucigny (Ducommun, H. L.); Alpes de Savoie (Siegfried, U. Z.); Col du Lautaret (E. Reverchon, U. Z.); Dogny, Saillon (Mühlberg, U. Z.); Tirol: Karerseepass (Ronniger, Herb. Ronn.); Kärnten: Koralpe, Waldwiesen; Niederösterreich: Mariahilferberg bei Gutenstein, Waldwiesen am Waxriegel der Raxalpe (letztere drei Standorte: Ronniger, Herb. Ronn.).

subspec. 3. Melampyrum laricetorum

Kerner sens. strict. in Dalla Torre, Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Alpenreisen, Bd. II, pag. 289 (1882); Hausskneeht in Mitteil. des botan. Vereins f. Gesamt-Thüringen (enthalten in Mitteilungen der geograph. Gesellsch. f. Thüringen, Jena, 1890), pag. 45 pro parte; Wettstein in Denkschriften der Mathem. Naturw. Klasse der Kais. Akad. d. Wissenschaften, Wien, 1900, pag. 327, pro parte. Erste Beschreibung ohne Namengebung vide: Österr. Botan. Zeitschrift, 1870, pag. 267.

Pflanze gewöhnlich nur 10—15 cm hoch, selten höher, einfach, unverzweigt, selten mit einem Astpaar, das häufig nur Blattbüschel und keine Blüten trägt, und bei dem ersten Blattpaare über den Kotyledonen entspringt. Kotyledonen zur Blütezeit fast stets vorhanden und frisch. Internodien (einschliesslich das Hypokotyls) nur wenige (5—6), ziemlich kurz (1,5 — 2,5 cm lang). Das zweite, seltener erst das dritte Blattpaar von unten trägt bereits Blüten. Brakteen sehr breit, meist 5 mm (doch auch von 3—8 mm schwankend),

häufig, jedoch durchaus nicht immer mit grundständigen 1—2 Zähnen am jederseitigen Brakteenrande; die Blätter fast stets wesentlich schmäler und kürzer als die Brakteen. Kelchzähne ziemlich lang, den tiefsten Einschnitt der Blumenkrone meist erreichend. — Form der hochalpinen, steinigen Matten, bezw. der hochalpinen Zwergstrauchregion, steigt auch in die subalpine Region herab.

Standorte: Val Avers bei Cresta, in der Capetta (O. Hug, U. Z.); Murtera-Praspöl (Brunies, U. Z.); Pra sech, Lü, Münstertal (Brunies, U. Z.); Monzelumo, Comologno, Val Onsernone (Bär, U. Z.); Cresta da Statz (Rübel, U. Z.); Munt Pers (2220 m, Rübel, U. Z.); Plaun God (Rübel, U. Z.); Celerina (C. Schröter, P. Z.).

Noch nicht publizierte Standorte ausserhalb der Schweiz, Ballon d'Alsace (Gérard, H. L.); Port de Paillières, Ariège (Guillon: U. Z.); Koralpe in Kärnten (Ronniger, Herb. Ronn.).

Anmerkung: Das Exsiccat: Ch. Magnier Flora selecta exsiccata Nr. 2268 (U. Z.), welches die Bezeichnung *Mel. silvaticum* forma *alpina* trägt (Standort: Kiesberg 1300 m, Deutschland) möchte ich zu *Melampyrum saxosum* Baumg. ziehen. Die Brakteen sind auffallend spitz gezähnt, wie ich es bei *Mel. silvaticum* nie sah, die Blüten relativ gross; auch entspricht die auf der Etikette vermerkte Blütenfarbe „labro inferiore rubro-maculato“ jener des *saxosum*. — Das Exiccat: Société Dauphinoise Nr. 2207 bis (U. Z.) gehört hingegen zu *Mel. laricetorum*.

subspec. 4. Melampyrum æstivale

Ronniger et Schinz in H. Schinz et R. Keller, Flore de la Suisse, édit. 3, pag. 521 (1909).

Pflanze kräftig, 15—35 cm hoch, unverzweigt oder mit 1—2 steil und straff nach aufwärts gerichteten Astpaaren; Kotyledonen gewöhnlich zur Blütezeit vorhanden und frisch, bis 3,5 cm lang; in den Achseln der Kotyledonen häufig kurze Blatttriebe; Hypocotyl auffallend lang (4,5—5 cm). Ist die Pflanze verzweigt, so entspringt das erste Astpaar, welches häufig nur Blattbüschel trägt, direkt über dem Hypocotyl. Sind blütentragende Zweige vorhanden, so befindet sich unterhalb derselben gewöhnlich kein steriles Astpaar; ein solches befindet sich höchstens in den Achseln der Kotyledonen selbst, nicht aber an dem, den Kotyledonen folgenden Stengelknoten wie dies bei *Mel. silvaticum* sens. strict. der Fall ist. Auf das Hypocotyl folgen 1—3 Stengelinternodien von 3,5—5 cm Länge, welche unvermittelt in eine Anzahl ganz kurzer Internodien übergehen. Interkalarblätter fehlen stets vollständig. Blätter und Brakteen gleichgestaltet, sehr deutlich gestielt, auffallend breit und lang (gewöhnlich 6—8 cm lang,

7—12 mm breit). — Die eigentliche ästivale Parallelrasse des *Mel. silvaticum* sens. strict., welche auf Wiesen der Berg- und Hügelregion, wie es scheint, ziemlich selten, zur Ausbildung kommt.

Diese Form unterscheidet sich durch den kräftigen Wuchs, die äusserst reduzierte Internodienzahl, die noch mehr gestreckten Internodien und die breiten Blätter und Brakteen sehr gut von *Melampyrum laricetorum*, obwohl auch letzteres im Gesamthabitus ziemlich lebhaft an die ästivalen Rassen erinnert, weshalb Prof. Wettstein hiefür den Ausdruck „Pseudo-Saisondimorphismus“ [1]) geprägt hat. Der niedrige Wuchs des *Mel. laricetorum*, die kurzen und zahlreicheren Internodien kennzeichnen jedoch diese Pflanze als eine monophyle Alpenform, welche nur habituell einer Ästivalform ähnlich sieht (was, wie bereits einleitend bemerkt, durch die bei beiden Formen aus verschiedenen Ursachen verkürzte Vegetationsperiode zurückzuführen ist). Es scheint mir aber nicht unbedingt nötig, hiefür einen besonderen Terminus technicus zu verwenden. [2])

Standorte: Cormoret (E. Gamper, U. Z.), Route de Marchairuz, Jura, Vaud (Vetter, U. Z.); Berghöfli bei Thengen (J. Hess, U. Z.); Schleitheim, Schaffhausen (Vetter, U. Z.).

Standorte ausserhalb der Schweiz: Rübeland im Harz (Hegi, Pfingsten, 1901, U. Z.); Petersburg, um Duderhoff (Prescott, U. Z.). — Im Herbar U. Z. liegt eine Pflanze aus St. Petersburg mit der Bezeichnung: *Melampyrum silvaticum* var. *gracile* Weinmann, welche ich mit *Mel. aestivale* identifizieren möchte.

* * *

Die Phylogenie der Gesamtart *Melampyrum silvaticum* stelle ich mir — kurz skizziert — so vor, dass sich von der waldbewohnenden Rasse *Melampyrum silvaticum* sens. strict. wohl ohne Zweifel die typisch ästivale Rasse *Melampyrum aestivale* in relativ jüngster Zeit dort abgegliedert hat, wo das *silvaticum* auf regelmässig gemähte Wiesen hinaustritt. Da auf Rasenplätzen und unter Buschwerk in der Berg- und Voralpenzone ein *Mel. silvaticum* von ausgesprochen monophylem Charakter, das *Mel. intermedium* auftritt, welches gleichwohl mit der Waldpflanze *Mel. silvaticum* sens. strict. nicht identifiziert werden kann, so entsteht die Frage, welche von diesen beiden letzteren Formen als die relativ ältere zu betrachten

[1]) Denkschriften der Mathem. Naturwissenschaftl. Klasse der Akademie der Wissenschaften, Wien, 1900, pag. 330.

[2]) Tatsächlich scheint auch Prof. Wettstein heute nicht mehr besonderen Wert auf diesen Ausdruck zu legen, da er in dessen „Handbuch der Systematischen Botanik“, Wien, 1901—1908, nicht erwähnt wird und derselbe auch in C. K. Schneider und O. Porsch „Illustr. Handwörterbuch der Botanik“, Wien, 1905, nicht vorkommt.

ist. Ich möchte mich der Ansicht zuneigen, dass *Mel. silvaticum* s. str. als der ältere Typus zu betrachten ist, und zwar deshalb, weil — soweit bisher bekannt — keine alten ungegliederten Typen aus das Gattung *Melampyrum* bekannt sind, die Gebirgspflanzen darstellen, die Hauptmasse der Gattung vielmehr unbedingt Pflanzen der Ebene und des Berg- und Hügellandes umfasst, deren relativ geringe Ausstrahlungen in die Alpenregion nur als sekundäre, relativ späte Ausgliederungen der betreffenden species beim Vordringen in höhere Regionen darstellen. Ich bin daher der Ansicht, dass *Mel. laricetorum* eine von *Mel. silvaticum* abgeleitete Alpenform darstellt, welche sich an die verkürzte Vegetationsperide der Alpenregion angepasst hat und dass in der mittleren Bergregion eine an die Vegetationsbedingungen der Bergmatten angepasste Form, das *Mel. intermedium*, welche nur eine Etappe auf dem Entwicklungsgange des *Mel. laricetorum* darstellt, sich erhalten hat, welche durch Übergänge mit *Mel. laricetorum* verbunden ist.

Melampyrum Herbichii Woloszczak in Spraw. Kom. Fizyi Krajow XXI (1888) 133 scheint mir Synonym mit *Melampyrum laricetorum*, der Alpenform des *Mel. silvaticum* zu sein, da mir der Autor, Herr Professor Woloszczak erklärte, dass seine Pflanze mit *Mel. silvaticum* und nicht mit *Mel. saxosum* zunächst verwandt und eine Bewohnerin der Krummholzregion sei.

Über das **Melampyrum saxosum** Baumg. und seine Formen vollständig ins Reine zu kommen, ist mir bis jetzt noch nicht gelungen. Es liegt mir hievon nicht viel Material vor. Ausserdem ist die Aufklärung der diversen Schur'schen Namen, die zum grossen Teile hieher gehören, sehr schwierig.

Die Grauen Hörner.

Von

KONSTANTIN TOLWINSKI.

Hiezu Tafel I und II.

Der geologische Bau des Gebietes der Grauen Hörner (in den Grenzen zwischen Walensee-, Weisstannen-, Tamina- und Calfeusertal, im St. Galler Oberlande) war schon lange in allgemeinen Zügen seit den Untersuchungen von Arn. Escher v. der Linth[1]) und Alb. Heim[2]) bekannt.

Um meinen speziellen Bemerkungen mehr Klarheit zu geben und gleichzeitig um Wiederholungen zu vermeiden, resümiere ich in einigen Worten die Ergebnisse dieser Forschungen.

Das Gebiet umfasst im Süden die autochthonen Formationen, welche im Norden unter den überschobenen Massen verborgen sind. Im Süden des Gebietes gegen das Taminatal bei Vättis sind die Schichten gewölbeartig gehoben und von dem Taminaflusse durchsägt; in einer ununterbrochenen Reihe von unten nach oben, von Verrucano bis Eocän kommen dort sämtliche sedimentären Formationen der östlichen Schweizer Alpen zum Vorschein. Hoch oben auf dem Eocän bei Vättis findet man im Flysch schwimmende Kreideberge: Aelplikopf-Drachenberg. Weiter gegen Norden folgt eine stark gefaltete Eocänzone, welche wieder von älteren Schichten, nämlich von Verrucano, einer gewaltigen liegenden Falte — „Glarner Doppelfalte" bedeckt ist. Aus diesem Verrucano sind die eigentlichen Grauen Hörner herausmodelliert. Seine Fortsetzung sinkt in nördlicher Richtung und taucht unter das Walenseetal in die Tiefe.

---

[1]) In den Escher'schen Tagebüchern und Profilen finden wir zahlreiche zerstreute Notizen, welche auf Stratigraphie und Tektonik des Gebietes viel Licht werfen.

[2]) Alb. Heim. Mechanismus der Gebirgsbildung. 1878. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Lief. 25. 1891. Geol. Karte der Schweiz, Bl. XIV, 1 : 100000.

Die Glarner Doppelfalte ist später als einheitliche von Süden überschobene Glarner Decke betrachtet worden [1]).

Das ist die allgemeine Übersicht der Geologie des Gebietes der Grauen Hörner.

Zuerst hatte ich die Absicht, eine Monographie des Gebietes mit geologischer Karte 1 : 50000 zu bearbeiten. Die Arbeit habe ich im Herbst 1908 begonnen, aber wegen zahlreicher Hindernisse während der Arbeit [2]) bin ich jetzt nur in der Lage, einzelne neue Tatsachen zu geben, welche für eine künftige Monographie dieses Landes als Einleitung dienen werden. Die geologische Karte ist auch nur teilweise ausgeführt [3]).

Das gesammelte Material bezieht sich hauptsächlich auf Stratigraphie und Tektonik; dementsprechend beschreiben wir auch der Reihe nach stratigraphische und tektonische Erscheinungen dieses Gebirges.

Stratigraphie.

Vortriasische kristalline und sedimentäre Gesteine bei Vättis in dem Tamina-Calfeusertale.

Die Untersuchungsbedingungen sind hier äusserst ungünstig; es ist nicht möglich, die einzelnen Schichten auf grösserer Strecke zu verfolgen, und dazu ist alles noch durch Verwitterungsprozesse oft bis zur Unkenntlichkeit verändert. Immerhin sind wir imstande, aus der Zusammenstellung verschiedener Tatsachen zwei Schichtenkomplexe voneinander unterscheiden zu können: 1. oben grobe Quarzsandsteine, welche konkordant mit dem Rötidolomit auftreten. 2. diskordant darunter steilstehende Verrucanoähnliche Schiefer und Gneisse.

Die Position des oberen Quarzsandsteines lässt sich zur Zeit kaum mit Sicherheit bestimmen. Es ist noch eine offene Frage, ob er ein Äquivalent des permischen Verrucano oder der unteren Trias (Buntsandstein) darstellt.

Über die unteren diskordanten Schichten lässt sich folgendes feststellen.

[1]) M. Bertrand. Memoire sur les réfoulements qui ont plissé l'ecorce terrestre.
M. Lugeon. Les grandes nappes de recouvrement B. S. G. F. 1901.
Arn. Heim. Zur Kenntnis der Glarner Überfaltungsdecke. Zeitschrift der Deutsch. Geol. Gesellsch. 1905.
Alb. Heim. Der Bau der Schweizer Alpen. Neujahrsbl. der Naturf. Ges. 1908.

[2]) Ausserordentlich regenreicher Sommer 1909, in den Alpen ausgebrochene Maul- und Klauenseuche mit Alpenabsperrungen im Arbeitsterrain und Verlust eines Teils der Notizen bei einem unglücklichen Falle im bösen Tersolbach verursachten mir grosse Störungen in der Arbeit.

[3]) Das Manuskript dieser Karte deponiere ich bei der Schweiz. Geol. Kommission, da es sich nicht lohnt, sie in solch unvollständiger Form zu publizieren.

Ungefähr 2 km von Vättis findet man im Calfeusertale auf der Ringelseite einige Aufschlüsse, wo kristalline Schiefer sehr deutlich zum Vorschein kommen. Es sind dort sonderbare Gesteine mit dominierenden grossen Feldspäthen, welche in grünen Chlorit eingehüllt sind, vorhanden. Unter dem Mikroskop konstatiert man vorherrschende grosse Orthoklase mit wenigen Plagioklasen, daneben viel Chlorit, etwas Biotit, Titanit, schöne regelmässige Apatite, Zirkon, Calzit. Nach der petrographischen Zusammensetzung und nach dem Gesamtcharakter gehören sie zu den Orthoklasgneissen [1]), wahrscheinlich eruptiver Herkunft, also zu den sog. Orthogneissen.

Bei der Untersuchung einiger Dünnschliffe verdanke ich Frl. Dr. Hezner und Herrn E. Gutzwiller wertvolle Bemerkungen in dieser Beziehung.

Es wäre eine besondere Aufgabe, diese kristallinen Gesteine mikroskopisch genauer zu studieren, ich beschränke mich darum auf die kurze Notiz, um zu betonen, dass bei Vättis auch unzweifelhafte typische Gneisse auftreten und dass sie eine direkte östliche Fortsetzung der zentralmassivischen Gesteine darstellen, was übrigens schon früher bekannt war [2]). Es scheint, dass in diesen Gneissen grünliche Verrucano-Schiefer eingeklemmt sind, so dass wir im grossen und ganzen im Tamina-Calfeusertale bei Vättis Gneisse und Verrucanoähnliche Schiefer unterscheiden müssen. Auf der Karte jedoch (1 : 50000) ist diese Unterscheidung kaum durchführbar [3]).

Die Trias.

Von unten nach oben: (Fig. 1.)

Rötidolomit. Mächtigkeit 45—50 m. An der Grenze mit Verrucano stark marmorisiert, kristallinisch-körnig. Der Übergang vom Verrucano zum Rötidolomit vollzieht sich fast immer durch Wechsellagerung mit grünem Sericitschiefer. Ähnlicher grüner Schiefer liegt auch oben an der Grenze mit rotem Quartenschiefer (in der Kreuzbachschlucht 10—40 cm). Die oberste Rötidolomitfläche ist sonderbar wellig; oft kann man auf der Oberfläche sehr deutliche grobe Pseudo-(?) Konglomerate beobachten.

Quartenschiefer. Bis 10 m mächtig. Es ist ein roter, mergeliger rauher Schiefer, in dem einige Zonen mit Dolomitkonkretionen

---

[1]) U. Grubenmann. Die kristallinen Schiefer II. 1907. p. 23—44.

[2]) Alb. Heim. Mechanismus der Gebirgsbildung. 1878. Bd. I. p. 11.

[3]) Ich verweise noch auf die weitere Literatur: Alb. Heim. Beiträge zur geol. Karte d. Schw. Lief. 25. p. 122—125. L. Milch. Beiträge zur Kenntnis des Verrucano. C. Schmidt, in Beiträgen Lief. 25 (Anhang). p. 21—22.

vorhanden sind. Alles ist hier transversal geschiefert, aber diese Dolomitlinsen zeigen im Profil die Richtung der Schichtflächen, welche in leichter Diskordanz mit dem hangenden Lias liegen. Ob diese Diskordanz eine primäre oder sekundäre tektonische Erscheinung bildet, ist für mich nicht klar.

Der Quartenschiefer ist nicht überall in gleicher Mächtigkeit entwickelt. Gegen W. im Calfeusertale nimmt er ab und schliesslich keilt er vollständig aus, so dass wir schon ca. 2 km westlich von Vättis den Lias direkt auf dem Dolomit liegend finden. Auf dem Ringel südlich der Tamina ist der Quartenschiefer bald wieder vertreten, bald fehlt er (Ramuzertobel). Auf dem N-Abhange des Calanda nimmt seine Mächtigkeit manchmal zu.

Es ist wohl möglich, dass dieses Fehlen des Quartenschiefers in gewisser Beziehung zu den Gebirgsbewegungen steht. So weicher und wenig widerstandsfähiger Schiefer konnte sehr leicht ausgequetscht werden. Aber auch eine andere Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen. Wie wir weiter zeigen werden, herrschte hier zur unteren Liaszeit eine Landperiode und das unregelmässige Auftreten des Quartenschiefers kann auch von Erosionserscheinungen abhängig sein.

Der Lias.

Der Lias im Calfeusertale war schon lange vermutet, es fehlten aber sichere Beweise dafür [1]. In den letzten Arbeiten aus diesem Gebiete ist sogar behauptet, dass der eigentliche Lias hier nicht auftrete [2]. Es waren im Taminatale auswärts mitten in Flyschregionen bei Pfäfers mehrere sonderbare Gesteinsblöcke mit schönen liasischen Fossilien gefunden worden, man wusste nur nicht, woher sie kamen, man dachte an die exotischen Blöcke.

Erst im Herbst 1908 bei Gelegenheit meiner Profilaufnahmen im autochthonen Gebiete bei Vättis fand ich in der Kreuzbachschlucht unmittelbar über dem Quartenschiefer eine merkwürdige ca. 2 m mächtige Schicht. Es ist ein grünlicher, kompakter Schiefer, welcher ein sonderbares Gemisch von grober Echinodermenbreccie, glaukonitischem Kalk, Fe-Erzen, gelben Dolomitbrocken und manchmal zahlreichen Belemniten- und anderen Fossilienresten darstellt. Bei näherer Untersuchung wurde eine reiche Cephalopodenfauna gefunden. Viele Stücke waren leider schon im Gestein zerdrückt oder sehr

[1]) Alb. Heim. Mechanismus der Gebirgsbildung. Bd. I. p. 136.

[2]) Piperoff. Geologie des Calanda. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. N. F. Lief. VII. p. 4 (1897). Auch A. Rothpletz (Das geotekt. Problem der Glarner Alpen 1898. p. 31) meint, dass der Lias bei Vättis ganz fehlt.

stark deformiert; es gelang mir aber doch, zahlreiche Exemplare in relativ so gutem Zustande zu bekommen, dass es möglich war, sie genau zu bestimmen.

Für die Hilfe bei der mühsamen Arbeit der Bestimmungen und überhaupt für die Einführung in die Bestimmungsmethoden der Fossilien danke ich Herrn Dr. Louis Rollier verbindlichst.

Ich habe im ganzen aus der Kreuzbachschlucht bei Vättis und von einer Lokalität ca. 1 km westlich talaufwärts aus der gleichen Schicht folgende Petrefakten gesammelt und bestimmt.

3. Zone des *Lytoceras jurense*, *Harpoceras fallaciosum*, *Hammatoceras insigne*.

Lytoceras jurense. Ziet. (Am.)
Hammatoceras variabile d'Orb. (Am.)
Dumortieria Levesquei d'Orb. (Am.)
Grammoceras fallaciosum Bayle.
Grammoceras fallaciosum Bayle, *var. Bingmani*. Buckm.
Grammoceras fallaciosum Bayle, *var. Cotteswoldiae*. Buckm.
Haugia occidentalis Haug.
Harpoceras Strongewaysi Sow. (Am.)
Grammoceras subquadratum Buckman.
Hammatoceras insigne. Zieten (feinrippig).
Harpoceras striatulum Sow. (Am.)
Grammoceras radians Reinecke, *var. depressus* Qu. cf.
Dumortieria striatulo-costata Qu. (Am.)
1) *var. α Buckman.* mit groben Rippen,
2) *var. β Buckman.* „ feinen „
Grammoceras radians Rein., *var. Exigua* Buckman.
Harpoceras Lythense Y. u. B. (Am.)

2. Zone des *Hildoceras bifrons*, *Coeloceras crassum*.

Hildoceras bifrons Bruguière (Am.) 2 Exempl.
Coeloceras crassum Phillips (Am.) viele Exemplare.
Coeloceras Holandrei d'Orb. (Am.)
Lillia erbaensis v. Hauer (Am.)
Nautilus terebratus Thiollière.
Grammoceras Thouarsense d'Orb. (Am.)
Harpoceras bicarinatum Ziet. (Am.)
Lytoceras Trautscholdi Oppel (Am.)
Harpoceras complanatum d'Orb. (Am.) = *H. subplanatum* Oppel.
Terebratula Eudesi Oppel (zahlreich).
Lima (Plagiostoma) Toarcensis d'Orb. (zahlreich).
Lima Cuersensis Dum.
Ctenostreon Elea (d'Orb.) Dum. (Lima).
Lima (Mantellum) galatéa d'Orb.
Coeloceras subarmatum Y. u. B. (Am.)

Ausserdem wurden noch gefunden:

Gresslya — eine Form zwischen

Gr. striata Ag. (sinemurien von Silzbrunnen) und

Gr. pinguis Ag. (opalinum-Zone, Gundushofen).

Pleurotomaria Priam Dum. cf.

Rhynchonella sordellii Haas cf. (viele).

Pecten (variamussium) sp.

Harpoceras 2 *sp.*, *Grammoceras* sp.

und zahlreiche *Belemnitenrostren* (unbestimmbar).

In den Sammlungen des Geologischen Institutes in Zürich waren einige typische Gesteine aus der beschriebenen Schicht am Kreuzbach bei Vättis mit entsprechenden charakteristischen Fossilien aufbewahrt und lange Zeit als rätselhafte exotische Blöcke [1]) betrachtet worden.

Ich verdanke Herrn Dr. L. Rollier folgende interessante Mitteilungen über diesen Gegenstand:

„In den Zürcher Sammlungen liegen einige aus dem gleichen Horizont, z. T. im gleichen brecciösen Gestein eingeschlossene Fossilien, welche der Erwähnung wohl wert sind.

1. Ein Kopfgrosses Flussgerölle, angeblich aus dem Flysch von Pfäfers, Geschenk des Badewirtes Egger an Herrn Prof. Heim 1869, damals stud. Geol., der es an Prof. Escher übergab. Dieses Gerölle zeigt Schalen von

Pecten (Chlamys) Philis d'Orb.

Lima (Plagiostoma) Cuersensis Dum.

Lima (Mantellium) sp.,

dann einen eingeschlossenen Nautilus, wahrscheinlich

Nautilus Jourdani Dum.

und ein blossgelegtes Schalenexemplar der schönen

Lillia Escheri v. Hauer (Am.),

deren eine Schalenhälfte nach Abtrennung des Steinkernes als Negativ an diesem Prachtstück haftet. Der Steinkern ging dann zu Dr. Bertschingers Zeit irrtümlicher Weise als „*Schlönbachia Bouchardi Orb.*, Albien, W_2. 3471" in die Kreidesammlung und in das Register über. Dieses Gerölle ist wahrscheinlich aus dem Bette der Tamina gehoben worden.

2. Ein faustgrosses Stück mit feinen Gletscherschrammen, von Herrn Prof. Heim 1895 in einer Moräne an der Eisenbahnlinie am Walensee zwischen den zwei unteren Tunneln gesammelt, enthält zwei erkennbare Exemplare von

Coeloceras commune Sow. (Am.)

[1]) Arn. Heim. Zur Frage der exot. Blöcke im Flysch. Eclogae geol. Helv. Vol. IX. 1907 p. 420.

3. Geschiebe, z. T. auch geschrammte, habe ich selbst in Moränen bei Seebach-Zürich angetroffen und gesammelt, welche das charakteristische Gestein voll von Belemniten-Rostren aufwiesen. Zürich, 25. März 1909. L. Rollier."

Die grösste Zahl der Ammoniten gehört glücklicherweise zu den auffallend charakteristischen Arten. Verschiedene gut ausgebildete ober-liasische Ablagerungen von Mittel-Europa zeigen identische Formen, so im Schwäbischen Jura [1]), im Jura bei Besançon [2]), im Rhonabassin [3]), in Elsass-Lothringen [4]), im Pariser Becken [5]) und auf den Britischen Inseln [6]).

Auf Grund des Studiums dieser für die Alpen relativ so reichen Fauna kann man behaupten, dass wir jetzt im Autochthonen des Tamina-Calfeusertales den oberen Lias, namentlich die Toarcien-Stufe, mit voller Sicherheit als nachgewiesen betrachten können.

In bezug auf die Zonenverteilung ist zu bemerken, dass die Fossilien für zwei mittlere Zonen [7]), also für mittleres Toarcien ausgesprochen charakteristisch sind; die unterste Zone ist fraglich, für die oberste fehlen die Beweise.

Es herrscht keine Gesetzmässigkeit in der Verteilung der Fauna in der vertikalen Richtung; alles ist miteinander vermischt, aufeinander geworfen. Schon die petrographische brecciöse Zusammensetzung des Gesteins zeigt uns, dass wir hier mit Litoralregionen zu tun haben. Von mir gefundene in jener Schicht verquetschte Wallnussgrosse und noch grössere Gerölle (aus dem grünlich gefärbten Kalk-Mergel und marmorisiertem Rötidolomit) liefern auch einen Beweis dafür.

In horizontaler Ausdehnung lassen sich grosse Differenzen konstatieren. Bevor wir aber auf diese Frage eintreten, muss noch eine höhere Schicht besprochen werden (Fig. 1).

Bei den Bestimmungen benützte Literatur:

[1]) Quenstedt. Die Ammoniten des Schwäbischen Jura Bd. I mit Atlas.

[2]) Rollier, L. Formation jurassique des environs du Besançon. Actes de la Société d'emul. 1883.

[3]) Dumortier. Etudes Paléont. sur les dépôts jur. du bassin du Rhône.

[4]) Benecke. Beitrag zur Kenntnis des Jura in deutsch. Lothringen. Abh. zur geol. spec. Karte v. Elsass-Lothr. Bd. V. N. F. 1898.

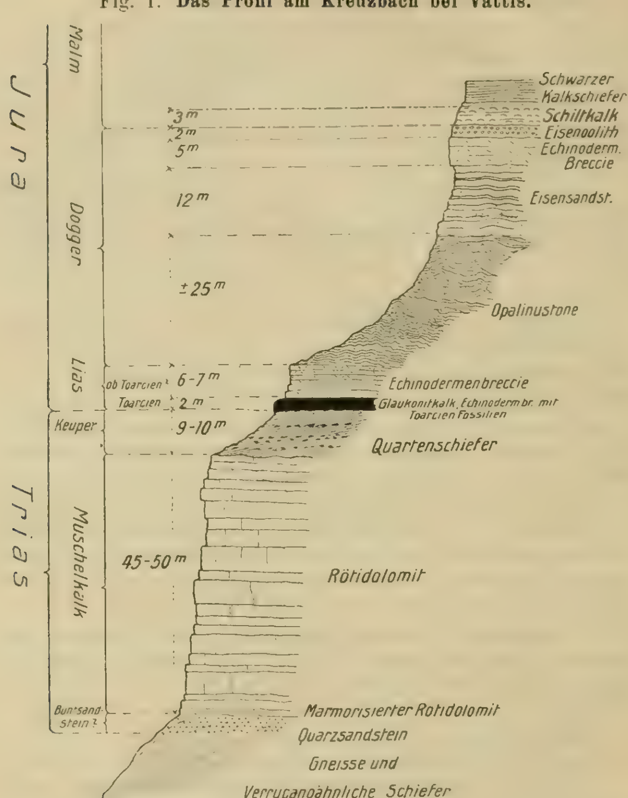
[5]) D'Orbigny. Paléontologie française, t. I mit Atlas. Bayle. Explic. Carte geol. France.

[6]) Wright. Lias-Ammonites of the British Islands. Buckman. Inferior Oolite Ammonites. Sowerby. Mineral-Conchologie Grossbrittaniens.

[7]) Lapparent. Traité de géologie. 1906. p. 1137.

Über der beschriebenen fossilführenden Liasschicht in der Kreuzbachschlucht liegt eine ca. 6—7 m mächtige, dünnbänkige, schwarze,

Fig. 1. **Das Profil am Kreuzbach bei Vättis.**



sandige Echinodermenbreccie scharf abgegrenzt gegen die oberen Opalinustone. Ich habe dort keine charakteristischen Petrefakten gefunden, und es fehlen mir direkte Beweise für die relative Altersbestimmung dieser Schicht. Da sich aber die Echinodermenbreccie besonders in der westlichen Richtung in gleichem Sinne verändert, wie die untere Toarcienschicht und die oberen Opalinustone immer

mehr oder weniger konstant bleiben, schliesse ich, dass auch diese Echinodermenbreccie aller Wahrscheinlichkeit nach noch zum Lias gehört. Es hat sich nämlich erwiesen, dass diese Schicht zusammen mit der unteren fossilführenden vom Kreuzbach aus gegen Westen mehr und mehr versandet, so dass der westlichste Aufschluss im Calfeusertale bei Tersolbach (gleich bei der Gigerwaldbrücke) nur 2 m mächtigen Quarzit als Gesamtvertreter des Lias zeigt, ohne jede Fossilien[1]). Die Grenze gegen Rötidolomit nach unten und Opalinustone nach oben ist scharf.

Es wäre also möglich, dass die Echinodermenbreccienschicht an dem Kreuzbach das Äquivalent des obersten Toarcien darstellt; diese Frage aber kann nur bei detaillierten Untersuchungen im Lias der angrenzenden Gebiete definitiv gelöst werden.

Auch auf der Calanda-Seite ist der Lias vorhanden; das beweisen die genauen identischen Lagerungsverhältnisse und der lithologische Charakter dieser Schicht. Dort finden wir die entsprechende Schicht 1—2 m mächtig, rötlich angewittert, mit groben Quarzkörnern, Dolomitbröcken, Talkflecken und undeutlichen Fossilien (N-Seite des Calanda bei Vättis).

Bei den Studien in einem so beschränkten Gebiete ist es nicht möglich, die Gesetze der Veränderungen der Liasformation zu verfolgen, was aber die lokalen Verhältnisse betrifft, können wir betonen, dass gegen Süden und Westen in lithologischer Beziehung Quarzsandstein bis Quarzit vorherrschen und gleichzeitig der Fossilienreichtum abnimmt.

Wir müssen auch auf eine Parallelisierung mit den bekannten Liasschichten gegen Westen am N-Rande des Aarmassives[2]) verzichten, da detaillierte Untersuchungen in dieser Formation dort noch nicht abgeschlossen sind.

Da der gesamte untere Lias fehlt, müssen wir eine grosse Diskontinuität der Ablagerungen zwischen dem Quartenschiefer (Keuper?) und dem Toarcien haben. Tatsächlich weisen Gerölle und grobe Dolomitbrocken im Toarcien auf eine terrestrische Erosion im Quartenschiefer und Rötidolomit hin und unterstützen in solcher Weise unsere Annahme. Erst seit der oberliasischen Transgression taucht das ganze Gebiet auf unabsehbare lange Perioden unter den Meeresspiegel.

---

[1]) Was ich mit meinem Kollegen Herrn W. Staub auf einer Sommerexkursion konstatieren konnte.

[2]) Alb. Heim. Mechanismus. Bd. I p. 57—60. Beiträge z. g. K. d. Schw. Lief. 25 p. 21—23. Tobler. Die Sedimente am N-Rande des Aarmassives. Verh. d. Naturforsch. Ges. Basel. Bd. 12. 1900. P. Arbenz. Zur Geologie des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen. Eclogae geol. Helv. Vol. IX.

Der Dogger.

Der Dogger ist im Taminatale in gleicher Weise wie nördlich des Vorderrheines[1]) ausgebildet. Ich gebe hier darum nur eine kurze petrographische Zusammenstellung der Doggerschichten von der Kreuzbachschlucht bei Vättis (Figur 1). Es folgen von unten nach oben:

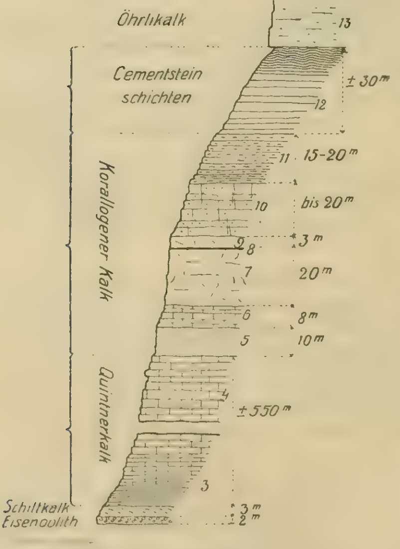
1. Schwarze, glänzende, weiche Opalinustone (Aalenien) mit feinsten Fältelungen. Mächtigkeit im ganzen bis 25 m. Gegen die oberen Partien sind ziemlich zahlreiche Quarzitlinsen vorhanden. Übergang in den

2. Eisenschüssigen Sandstein, der unten kompakte Bänke bildet, oben mehr geschiefert ist. Mächtigkeit 12 m. Darüber folgt mit scharfer Kontaktgrenze nach oben und nach unten eine

3. Massige helle Echinodermenbreccieschicht 5 m. Und schliesslich das bekannteste Glied des oberen Doggers am N-Rande des Aarmassives:

4. Eisenoolith (Callovien?). 2 m mächtig.

Fig. 2. **Das Malmprofil im Calfeusertale.**



Über diesem Eisenoolith liegt typischer Schiltkalk (Argovien). Die Doggerschichten sind meistens fossilleer, nur der Eisenoolith ist mit schlecht erhaltenen Belemniten erfüllt.

Wenn wir unseren Dogger mit dem Dogger in westlicheren autochthonen Gebieten vergleichen[2]), zeigt es sich, dass er hier weniger mannigfaltig ausgebildet ist.

Der Malm.

Vollständigkeit halber gebe ich auch ein Malmprofil (Fig. 2), welches in seiner obersten Partie zusammen mit Dr. Arnold Heim

[1]) Alb. Heim. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Lief. 25. p. 23—24.
[2]) P. Arbenz. Loc. cit. A. Tobler. Loc. cit.

in der Tersolbachschlucht möglichst detailliert aufgenommen worden ist. Der untere Teil ist dargestellt so, wie es in der Kreuzbachschlucht bei Vättis beobachtet wurde.

Von oben nach unten:

13 = Öhrlikalk.

12 = ± 30 m schieferiger, grauer, etwas mergeliger Kalk, oben sehr fein geschiefert, wellig gebogen. Diese oberste Partie ist östlich im Taminatale bei Mapragg besonders stark geschiefert und gefaltet. Der Schiefer ist sehr sericitisiert (Dislokationserscheinung), so dass hier scharfe Grenze gegen den Öhrlikalk nach oben vorhanden ist. Wahrscheinlich haben wir es hier mit dem oberen Tithon, mit den sog. Zementsteinschichten zu tun.

Weiter nach unten folgt Tithon in korallogener Facies. Der Aufschluss dieses Kalkes bei St. Peters im Taminatale[1]) ist wohl bekannt; auch auf der anderen Seite lässt er sich überall von Mapragg bis St. Martin im Calfeusertale verfolgen. Er bildet manchmal helle, mächtige Wände, und durch diese Farbe und seine Massigkeit unterscheidet er sich gewöhnlich von den oberen und unteren Schichten.

In diesem ganzen ungefähr 70 m mächtigen Komplexe sehen wir in der Tersolbachschlucht folgende Abteilungen:

Korallogener Kalk.

11 = 15—20 m ganz metamorphosierter körniger rosa-Kalk (Marmor). Er ist auch an dem Fusswege Vättis-Ladilsalp vorhanden, nur ist die Farbe dort weiss.

10 = 20 m grauer dichter Kalk.

9 = 3 m heller fleckiger Kalk.

8 = 7 cm sehr dichter grauer Kalk mit feinsten sich auskeilenden Schichten (von chemischem Ursprung?).

7 = 20 m fleckiger Kalk (Pseudobreccie?).

6 = 8 m schwarzer quintnerkalkähnlicher Kalk.

5 = 10 m fleckiger korallogener Kalk.

4 = ca. 500 m Quintnerkalk, Übergang in

3 = ca. 50 m schieferiger, etwas sericitisierter schwarzer Kalk.

2 = 3 m typischer gelb-fleckiger Schiltkalk.

1 = 2 m Eisenoolith (Dogger).

Die Gesamtmächtigkeit des Malmkalkes beträgt ± 650 m.

Die Kreide.

Die stratigraphischen Studien der autochthonen Kreide des Gebietes sind mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Die faciellen

---

[1]) Alb. Heim. Beiträge. Lief. 25. p. 25.

Unterschiede gegenüber der seit langen Jahren eingehend studierten Kreide in den helvetischen Decken sind sehr bedeutend, und Mangel an guten Fossilien erschwert die Untersuchungen ausserordentlich.

Um zur Klarheit in den Kreidesedimenten zu gelangen, bleibt hier nur eine Möglichkeit: der Vergleichend-lithologischen Methode zu folgen, welche schon bei den allgemeinen Kreideuntersuchungen in den helvetischen Alpen von Arn. Heim angewandt wurde [1]. Nur mit der Kenntnis der Gesetze, welche die Kreidemeerablagerungen in den alpinen Regionen beherrschten, ist es überhaupt möglich, auch in unserer Gegend sich zu orientieren.

Manchmal aber versagen hier alle theoretischen Vorstellungen, weil kein direkter Zusammenhang mit typischeren Regionen zu verfolgen ist. Man muss noch dazu persönliche Erfahrung in den verschiedenen Typen der helvetischen Kreidesedimente haben. Aus diesen Gründen bin ich Herrn Dr. Arn. Heim besonders dankbar, dass er mir im Terrain (wir haben das Kreideprofil in der Tersolbachschlucht bei Vättis zusammen aufgenommen) in den verschiedenen Fragen der unteren Kreide viel geholfen hat.

Um die autochthone Kreide überhaupt verstehen zu können, ist es unbedingt notwendig, zwischen diesen Regionen und denjenigen, wo die Kreide am besten entwickelt ist, also den ursprünglich viel mehr südlichen, wie z. B. Säntis-Churfirsten (im Lichte der Deckentheorie), noch eine Übergangsstelle zu finden, welche diese zwei Extreme verbinden konnte — das ist die Kreide der tiefsten helvetischen Decken, diejenige, welche ursprünglich am nächsten der S-Seite unseres Gebietes gelegen war.

Die Aufgabe der Verbindung der autochthonen Kreide mit den helvetischen Decken ist in der letzt erschienenen Publikation von Arn. Heim [2]) ausgeführt, welche mir schon im Manuskript in zuvorkommendster Weise zur Verfügung gestellt wurde.

Wir beginnen die Besprechung der Kreideschichten von unten.

Der Öhrlikalk

(= Berriasien Auct., zuletzt = Infravalangien von Arn. Heim).

Die unterste Kreide ist aus der ganzen Serie vielleicht am wenigsten deutlich. Es ist in vielen Fällen unmöglich, den Öhrlikalk im Handstück von dem obersten Malm, von den sog. Zement-

[1]) Arn. Heim. Gliederung und Facies der Berrias-Valangien-Sedimente in den helvetischen Alpen. Vierteljahresschr. der Naturforsch. Ges. Zürich 1907.

[2]) Arn. Heim. Über die Stratigraphie der autochthonen Kreide und des Eocäns am Kistenpass. Beiträge zur geol. Karte d. Schw. N. Folge. Lief. 24. 1910.

steinschichten zu unterscheiden. Erst von weitem zeigt sich im Terrain der Unterschied relativ deutlich. Der Öhrlikalk erscheint

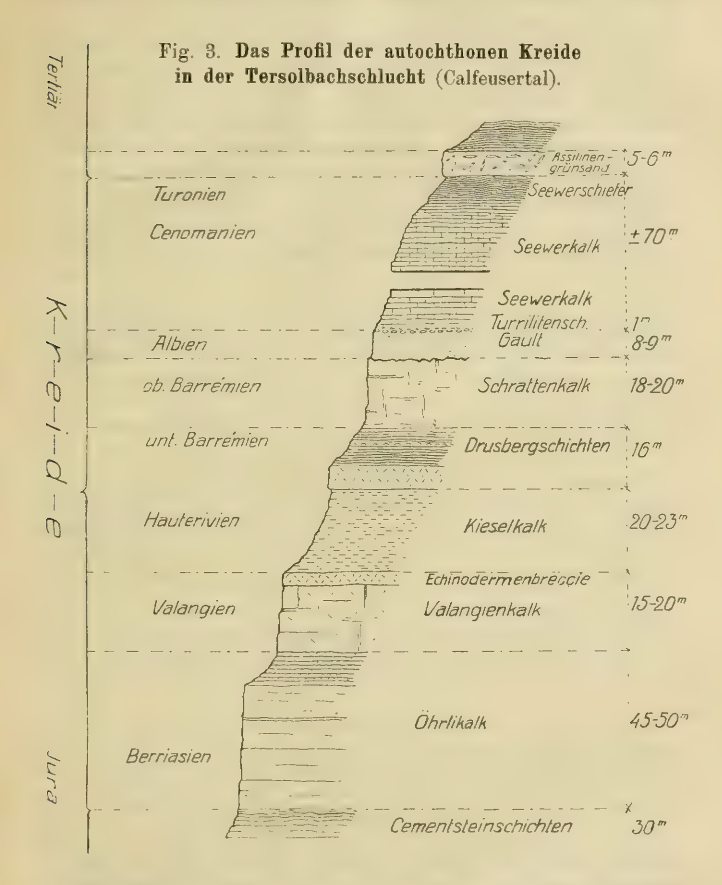


Fig. 3. **Das Profil der autochthonen Kreide in der Tersolbachschlucht** (Calfeusertal).

als 35—40 m mächtige, massige, bläulich angewitterte Schicht, welche steile Wände bildet (Fig. 3). Auf der angewitterten Fläche sieht man manchmal (z. B. bei Mapragg) zahlreiche herausragende undeutliche Fossilienreste, welche meistens Echinodermentrümmern anzugehören scheinen.

Im Präparate unter dem Mikroskop konnte ich mich überzeugen, dass diese Kalke tatsächlich an verschiedenen zoogenen Resten relativ reich sind.

Die oberste Partie des Öhrlikalkes ist von auffallend anderem Charakter; sie ist scharf begrenzt, oft braun angewittert, geschichtet, so dass sie sich im Terrain fast überall von der unteren Schicht durch sanfte Böschungen unterscheidet. Mächtigkeit konstant 7—9 m. Es ist meistens schwarzer, feinkörniger Kalk, aber die Zusammensetzung dieses Kalkes ist grossen Schwankungen unterworfen. Manche Abteilungen scheinen vollständig fossilleer zu sein, manchmal sieht man auf der braunen angewitterten Oberfläche zahllose kleinste Fossilienreste. In den Dünnschliffen scheinen die fossilleeren Kalke teilweise aus kristallinen Calcitkörnern und teilweise aus vollständig dichten, homogenen Kalkpartien zusammengesetzt zu sein. Die fossilreichen Kalke zeigen ein sonderbares Bild unter dem Mikroskop. Allerdings ist fast alles bis zur Unkenntlichkeit verändert, doch sind manchmal sehr deutlich z. B. Bryozoenreste und Echinodermentrümmer zu sehen. Die zoogenen Reste bilden hier im grossen und ganzen die Hauptmasse des Kalkes.

Es war für mich lange Zeit nicht sicher, ob diese Schicht zu dem Öhrlikalk oder zu dem Valangienkalk gehörte, aber die Grenze nach oben, gegen den typischen Valangienkalk ist überall deutlich. Besonders eine Tatsache scheint dafür zu sprechen, dass diese Schicht noch zum Öhrlikalk zuzurechnen ist, nämlich dass bei Mapragg im Osten des Gebietes zwischen dieser Schicht und dem Valangienkalk noch eine Mergelschicht (0,75 m mächtig) vorhanden ist, welche zu den Rudimenten des Valangienmergels gehören kann. Die Frage kann aber noch nicht als definitiv gelöst betrachtet werden.

Der Valangienkalk

zeigt von Osten gegen Westen bedeutende Veränderungen. Wir haben schon oben eine Mergelschicht an der Grenze mit dem Öhrlikalk bei Mapragg erwähnt, welche sich nach Westen auskeilt, und es bleibt nur der Valangienkalk, der überall helle bläuliche massige Wände bildet. Auffallendes Merkmal dieses Kalkes ist, dass er ausserordentlich reich an verschiedenen Fossilienresten ist. Man kann kein bestimmbares Stück herausschlagen, aber die Oberfläche ist voll von Muschelresten, Echinodermensplittern etc. Besonders typisch für diesen Kalk sind auf der Oberfläche hervorragende zackige Austernschalenränder, welche *Alectryonia rectangularis* anzugehören scheinen. Makroskopisch im Handstück ist der Valangien-

kalk ein heller, etwas flaseriger, von Schalenresten erfüllter Kalk, hie und da grob-oolithisch mit zahlreichen groben Echinodermentrümmern. Das mikroskopische Bild zeigt auch einen vorherrschend zoogenen Charakter.

Die ganze Mächtigkeit ist im Osten ca. 12 m. Auf der Alp Ladils ungefähr in der Mitte des Gebietes geht diese Schicht in ihrer oberen Partie in eine Austernbank über. Die ganze karrige Oberfläche ist hier voll von zackigen Alectryonia-ähnlichen Schalenrändern.

Gegen Westen spaltet sich die im Osten einheitliche Valangienkalkschicht. Die in dieser Beziehung typischste Ausbildung finden wir im äussersten Westen des Gebietes bei St. Martin im Calfeusertale, rechts der Tamina (Fig. 4). Unten liegt dort

Fig. 4.

Spaltung der Valangienschicht in der W-Richtung gegen St. Martin.

V E = Echinodermenbreccie (Oberstes Valangien)
M = Mergelschicht
V K = Valangienkalk
V M = Valangienmergel?

immer typischer heller Valangienkalk, bis 15 m mächtig, darüber etwa 30 cm Mergelschicht und oben gelbbraun angewitterte ca. 7 m mächtige, massige Echinodermenbreccienschicht.

Die Parallelisierung der zwei letzten Schichten mit den oberen Valangienabteilungen in den Decken (Pygurus-, Gemsmättlischichten [1]) mag vorläufig noch dahin gestellt bleiben.

Der Kieselkalk (Hauterivien).

Die faciellen Unterschiede und überhaupt das ganze Aussehen des Kieselkalkes im Vergleich z. B. mit den typischen Lokalitäten in der Säntisdecke am Walensee sind ausserordentlich gross. Man hat hier nichts von den massigen Wänden, alles ist stark geschiefert, sehr leicht allerlei Verwitterungsprozessen unterworfen, so dass die

[1]) E. Baumberger, Arnold Heim und A. Buxtorf. Valangien-Hauterivienngrenze. Abh. d. schweiz. pal. Ges. Bd. XXXIV. p. 1–30.

angewitterte Oberfläche manchmal als echter Mergelschiefer erscheint, nur die sonderbare schwärzliche fleckige Farbe, die an steilen Abhängen zum Vorschein kommt, springt von weitem in die Augen. Im frischen Bruch ist es schwarzgrauer, feinkörniger mergeliger Kalk. Mikroskopisch unterscheidet man noch eine bedeutende Menge von Quarzkörnern[1]) und zahlreiche Pyritkriställchen, welche dem Gestein seine charakteristische schwarzgraue Farbe geben. Undeutliche zoogene Reste treten auch hier auf.

Die einzigen Fossilien, welche ich in dieser Schicht getroffen habe, sind kaum bestimmbare, hie und da zerstreute grosse Austernschalenreste.

Auf der Alp Ladils kann man über dem schieferigen Kieselkalk noch eine 2—3 m mächtige mergelige Echinodermenbreccienschicht mit zahlreichen Austernschalen unterscheiden. Wahrscheinlich kann man sie mit der Echinodermenbreccie im oberen Hauterivien auf dem Kistenpass parallelisieren[2]). Weiter gegen Osten und Westen konnte ich diese Schicht nicht abtrennen.

Was diese ganze Stufe betrifft, ist zu bemerken, dass man nur durch die strenge Parallelisierung mit den entsprechenden Schichten in den tiefsten helvetischen Decken[3]) behaupten kann, dass wir es bei uns mit dem Vertreter des wirklichen Kieselkalkes (Hauterivien) zu tun haben.

Die Drusbergschichten (Barrémien).

Über dem Kieselkalk liegt eine oft bräunlich angewitterte Bank von etwas mergeligem Echinodermenkalk, welche durch das ganze Gebiet zu verfolgen ist. Die Mächtigkeit ist im Westen etwa 6 m (Fig. 3), im Osten etwa 9 m (Fig. 5), wo diese Schicht einen schrattenkalkähnlichen Charakter zeigt. Undeutliche zoogene Reste auf der angewitterten Fläche erinnern sehr an die gleichen Erscheinungen in manchen Abteilungen des Schrattenkalkes. Offenbar haben wir es hier mit der Facieswiederholung zu tun — einer Erscheinung, welche in der alpinen Kreide gut bekannt ist[4]). Nur Schwämme wurden hier als deutliche gut erhaltene Fossilien angetroffen.

[1]) In dem Hangenden und Liegenden des Kieselkalkes findet man keine Quarzkörner.

[2]) Arnold Heim. Die autochthone Kreide. Fig. 1, p. 23.

[3]) Arn. Heim. Loc. cit. p. 40: Tabellarische Zusammenstellung der Mächtigkeiten.

[4]) Albert Heim. Das Säntisgebirge. Beiträge zur geol. K. d. Schw. N. F. XVI. 1905. p. 27—30.

Weiter oben folgt Mergelschiefer 5—7 m (Fig. 4, 5) und eine ca. 0,75 m mächtige Bank voll Austern, so dass die Oberfläche als ein Gewebe von Austernschalen erscheint, welche aller Wahrscheinlichkeit nach von der gewöhnlich in dieser Schicht so verbreiteten *Exogyra sinuata* Sow. stammen.

Über der Austernbank treffen wir wieder ca. 5 m Mergelschiefer, der rasch innerhalb 1—2 m in den typischen massigen Schrattenkalk übergeht (Figur 3).

Der Schrattenkalk (Ob. Barrémien).

Der Schrattenkalk zusammen mit dem Gault und Seewerkalk bildet die am meisten übersichtliche Abteilung der Kreide im ganzen Gebiete. Der Gault trennt diese Schichten wie ein schwarzes Band und dient darum besonders für die Kartierung als ein ausgezeichneter Anhaltspunkt.

Der Schrattenkalk bildet überall steile, hell-bläuliche Wände und stellt eine massige einheitliche Schichtmasse dar. Im allgemeinen ist er an grossen Fossilien arm, nur in der unteren Abteilung, z. B. bei dem Fusswege Vättis-Vättnerberg, sieht man ca. 8 m von unten an der angewitterten Fläche zahllose röhrenförmige Fossilreste, wahrscheinlich Serpularöhren. Im Dünnschliffe kann man dichte homogene Calcitgrundmasse mit vielen undeutlichen organogenen Resten (u. a. Bryozoen) beobachten. Orbitulinen konnte ich weder makroskopisch noch mikroskopisch nachweisen. Der obere Schrattenkalk (Aptien), für welchen diese Foraminiferen so charakteristisch sind, fehlt also.

Die Grenze nach oben gegen den Gault ist die schärfste. Man beobachtet an steilen Abhängen die zackige, karrige Oberfläche des Schrattenkalkes mit manchmal einige Dezimeter messenden Vertiefungen, welche von Gault ausgefüllt sind. Grössere Schlote habe ich keine gefunden. An der Schrattenkalk-, Gault-Grenze wurden keine Zwischenbildungen beobachtet. Wir konstatieren also bei uns, wie überall in den helvetischen Alpen, eine Diskontinuität der Ablagerungen zwischen dem Schrattenkalk und Gault und die Erosion eines Teils des Schrattenkalkes. Die Beweise solcher Erosion liegen nicht nur in der uneben-zackigen Oberfläche dieses Kalkes, sondern auch im starken Wechsel der Mächtigkeit des faciell im allgemeinen gleichförmig ausgebildeten Schrattenkalkes. Im Westen bei St. Martin ist der Schrattenkalk 10—12 m mächtig, in der Tersolbachschlucht 18—20 m (Figur 3), am Rande der Vindelsalp bis 35 m. Weiter

gegen Osten folgt eine rasche Abnahme der Mächtigkeit[1], so dass bei Mapragg Gault beinahe auf den Drusbergschichten liegt (Fig. 6).

Im Zusammenhang mit dem Wechsel der Mächtigkeit des Schrattenkalkes scheint eine ähnliche Erscheinung im Gault am engsten verbunden zu sein, die wir bald besprechen wollen.

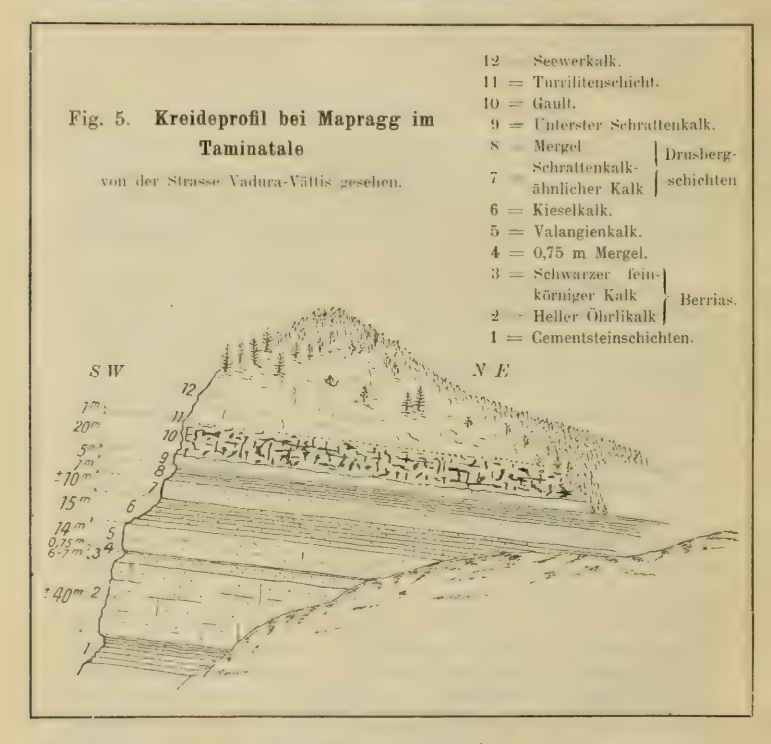


Fig. 5. Kreideprofil bei Mapragg im Taminatale

von der Strasse Vadura-Vättis gesehen.

Der Gault (Albien).

Bei der Verfolgung der Gaultschicht beobachtet man eine sonderbare Erscheinung, nämlich, dass seine Mächtigkeit starken, scheinbar unregelmässigen Veränderungen unterworfen ist. Im Westen ist er ca. 12 m mächtig, in der Tersolbachschlucht 8–9 m, auf der Ladils-

[1] Was von der Strasse Pfäfers-Vättis, unweit von St. Peters, schön zu beobachten ist.

alp 4 m, gegen E bei Mapragg nimmt die Mächtigkeit stark zu bis 20 m.

Da die obere Grenze die Turrilitenschicht bildet, welche überall äusserst regelmässigen Charakter hat, da zwischen Gault und Turrilitenschicht Kontinuität der Ablagerung festgestellt ist, und da die oberste Gaultschicht immer gleiche Facies zeigt, muss man die Ursache dieser Mächtigkeitänderungen an der Basis des Gault suchen. Bei der Zusammenstellung der Gault- und Schrattenkalkschichten zeigt sich eine unbestreitbare Abhängigkeit der Mächtigkeiten dieser Schichten voneinander und zwar in umgekehrtem Sinne: der Abnahme der Schrattenkalkmächtigkeit entspricht die Zunahme der Mächtigkeit im Gault. Dort, wo der Schrattenkalk ganz fehlt, d. h. dort, wo er ganz aberodiert ist, ist der Gault am besten entwickelt (Mapragg). Aus diesen Tatsachen können wir für unsere Verhältnisse eine Regel ableiten, nämlich, dass die Gaultmächtigkeit von den Unebenheiten der erodierten Unterlage des Schrattenkalkes abhängig ist[1]).

Es scheint, dass auch in anderen alpinen Gegenden, wo wir mit ähnlichen Verhältnissen zu tun haben, die entsprechende Mächtigkeitsveränderung der Schichten sich aus diesen einfachen Gründen erklären lässt.

Es ist aber zu betonen, dass dies nicht die einzige Ursache dieser sonderbaren Erscheinung ist. Man könnte auch an die Abhängigkeit der Verteilung der Sedimente am Meeresgrunde von der Richtung der Strömungen denken. Die gebirgsbildenden Kräfte werden hier nachträglich auch nicht ohne Einfluss geblieben sein.

Ich habe eine schematische Skizze der Kreidemeeresablagerungen in meinem Untersuchungsgebiete gezeichnet (Fig. 6), wo alle Veränderungen im Verlaufe der sämtlichen Kreideschichten in der Richtung ungefähr von Westen nach Osten und die gegenseitigen Beziehungen dieser Schichten in möglichst anschaulicher Weise dargestellt sind.

Noch einige Worte über das Gestein selbst. Dort, wo der Gault am wenigsten mächtig ist, z. B. auf der Alp Ladils, beobachtet man nur eine einheitliche Schicht von feinkörnigem etwas glaukonitischem Kalk-Sandstein. Unter dem Mikroskop kann man kleine Quarzkörner, Calcit, zahlreiche Pyritkristalle, Eisenerze und glaukonitische Partien feststellen.

[1]) Vergl.: Arn. Heim. Sur les Zones Paléontologique et Lithologiques du Crétacique moyen dans les Alpes suisses. B. S. G. F. 4e sér. t. IX. 1909. p. 124.

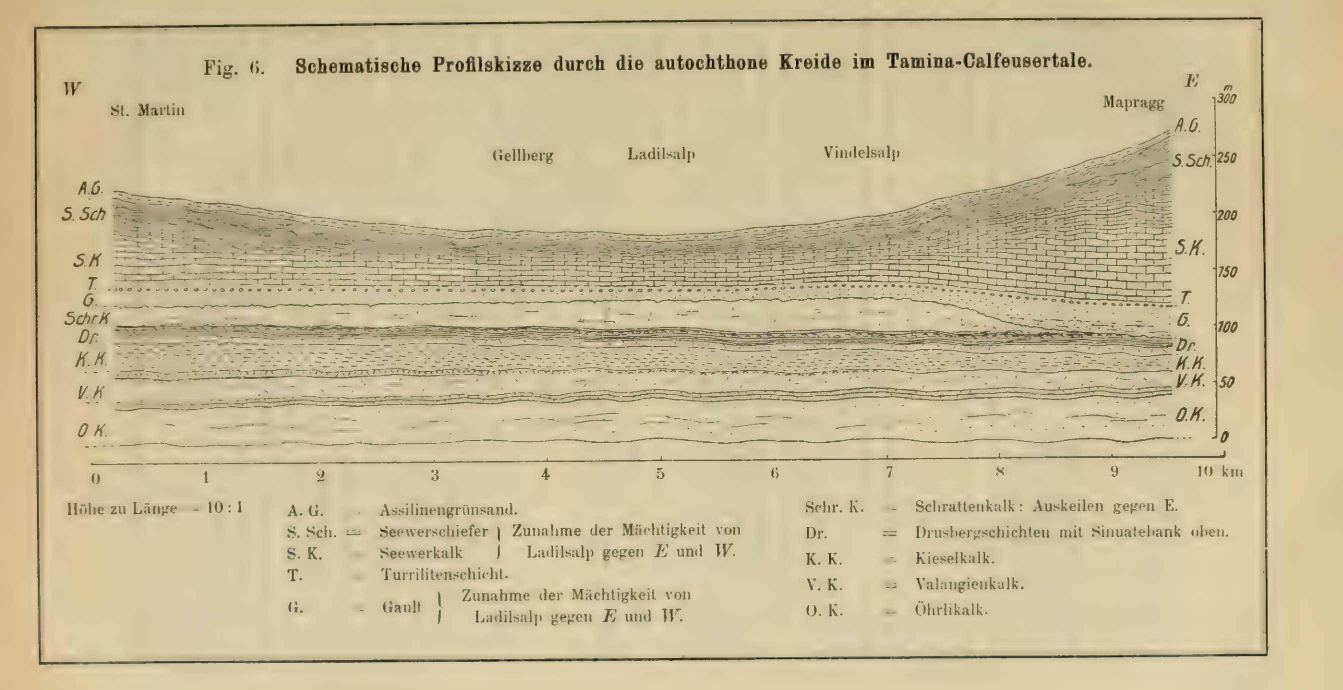


Fig. 6. **Schematische Profilskizze durch die autochthone Kreide im Tamina-Calfeusertale.**

Nur dort, wo der Gault viel mächtiger ausgebildet ist, lässt sich unten, ohne scharfe obere Abgrenzung, eine fast schwarze, schieferige Abteilung beobachten — vielleicht ein Äquivalent der „Concentricusschiefer" in den Decken[1]).

Fossilien waren keine gefunden.

Die Turrilitenschichten (Albien-Cenoman[2]).

0,5—1 m mächtig. Übergang nach unten zum Gault und nach oben zum Seewerkalk. Wie gewöhnlich voll hervorragender, meistens undeutlichen Fossilienknollen. Der Verlauf dieser Schicht ist im ganzen Gebiete äusserst regelmässig.

Es waren hier gefunden: *Turrilites Bergeri Brongn.* (massenhaft), *Hamites sp.*, *Nautilus sp.*, *Hoplites sp.*

Die Seewerschichten (Cenoman-Turon[3]).

Die Turrilitenschichten führen rasch zu dem Seewerkalk, welcher sich durch seine charakteristische helle etwas bläuliche Farbe und gute Schichtung im Terrain auszeichnet. Unten ist er dem typischen Seewerkalk der Decken sehr ähnlich: dicht, grau, etwas knollig, oft mit muscheligem Bruch und tonigen Häuten, dagegen in den oberen Partien kann man ihn nur nach der Lage erkennen. Er ist dort mehr und mehr geschichtet, äusserst homogen, ohne knollige Struktur und tonige Häute. Die Schichtung wird nach oben immer feiner; der Seewerkalk geht allmählich in den Seewerschiefer über. Fossilien wurden keine getroffen. Der Seewerschiefer zeigt unter dem Mikroskop kleinste undeutliche Foraminiferenschalen (Lageriden?) und wenige Pyritkörner; die Hauptmasse besteht aus feinsten Sericitschüppchen.

Eine besondere Erscheinung beobachtet man bei der Verfolgung dieser Schichten im ganzen Terrain, nämlich, dass die Mächtigkeit der Ablagerungen stark variiert. Ungefähr in der Mitte zwischen Alp Ladils und Gelbberg ist der Seewerkalk mit Seewerschiefer zusammen 30—40 m, gegen W. bei St. Martin 70—80 m, gegen E bei Mapragg etwa 120 m mächtig. Dabei mag der Seewerschiefer wohl 40 m mächtig sein, während er in der Mitte des Terrains (Ladils) nur einige Meter mächtig ist (Fig. 3, 5, 6). Diese Er-

[1]) Arn. Heim. Das Säntisgebirge. p. 341. Stratigraphie der Kreide am Kistenpass. p. 33.

[2]) Vergl. Arn. Heim. Die autochthone Kreide am Kistenpass. p. 33—35.

[3]) Vergl. Böhm, J. und Heim, Arnold. Senon. Abh. der Schw. pal. Ges. V. XXXVI. 1909. p. 15.

scheinung steht wahrscheinlich in engster Beziehung zu der Lücke in der Sedimentation an der Kreide-Eocän-Grenze (Senon, Turon-Lutétien). Dabei müssen wir berücksichtigen, dass die Turrilitenschichten (das Liegende) und der eocäne Glaukonitkalk (das Hangende) ruhig und ununterbrochen im ganzen Gebiete verlaufen, und dass der Seewerschiefer nach oben keine facielle Veränderungen zeigt — der Charakter der Tiefmeereablagerungen bleibt immer konstant. Ob wir es aber hier mit einem Stillstand in der Sedimentation oder mit einer submarinen oder terrestrischen[1]) Erosion zu tun haben, kann ich nicht mit Sicherheit entscheiden.

Allgemeine Bemerkungen über die autochthone Kreide.

In der letzt erschienenen Arbeit von Arnold Heim „über die Stratigraphie der autochthonen Kreide am Kistenpass" ist bewiesen, dass diese Kreide „den nördlichsten Faciestypus innerhalb der hel-

Fig. 7. **Autochthone Kreide.**

Am Kistenpass[2]). Im Calfeusertale.

[1]) Westlich am N-Rande des Aarmassives liegt an dem entsprechenden Niveau die bekannte Bohnerzformation.

P. Arbenz. Zur Kenntnis der Bohnerzformation in den Schweizeralpen. Mitteilungen der Schweiz. Geol. Kom. 1. Jahrg. 1909.

Arnold Heim nimmt für die ganze Ost-Schweiz zwischen Kreide-Eocän eine Festlandperiode an. Numm.- und Flyschbildungen p. 138. Die autochthone Kreide am Kistenpass. p. 39.

[2]) Nach Arnold Heim schematisch dargestellt.

vetischen Gesamtfacies" darstellt[1]). Da die Kreide im Tamina-Calfeusertale im Verhältnisse zu der Kreide der helvetischen Decken mit dem Kistenpassgebiet identische Lage hat, muss sie selbstverständlich auch hier im grossen und ganzen ähnlichen Charakter aufweisen.

Infolge der bedeutenden Entfernung vom Kistenpass bis Taminatal (ca. 25 resp. 35 km), ist es von Interesse, die sämtlichen Abteilungen der Kreidemeeressedimenten dieser zwei Gegenden miteinander zu vergleichen. Es fehlen uns noch die entsprechenden Detailstudien der zwischenliegenden Gebiete, aber der Vergleich zweier extremer Lokalitäten kann doch im allgemeinen ein relativ klares Bild der autochthonen Kreide-Verhältnisse am Nord-Ost-Rande des Aarmassives geben (Fig. 7).

Nach dem Vergleiche der verschiedenen Kreidestufen kommen wir zu dem Schlusse, dass alle Sedimente faciell ungefähr gleich ausgebildet sind. Wir brauchen darum nur die entsprechenden Mächtigkeiten zu berücksichtigen, um die Richtung der Linien der gleichen Facies oder „Isopen"[1]) zu bestimmen. Die Richtung Kistenpass-St. Martin ist gleich ungefähr W 24° S. Öhrli- und Valangienkalk sind am Kistenpass etwas mächtiger als bei St. Martin, sie zeigen also dort ein wenig südlicheren Typus. Die Isope der unteren Kreide verläuft mit der Ablenkung gegen W von der Richtung W 24° S, was im allgemeinen der Isope dieser Schichten innerhalb der überschobenen helvetischen Kreidedecken der Ost-Schweiz[2]) entspricht.

Vom Hauterivien an scheinen sich die Verhältnisse in dieser Beziehung zu ändern. Nach gleicher Methode bestimmen wir, dass die Isope des Kieselkalkes und der Drusbergschichten mit der Ablenkung gegen S von der Richtung W 24° S verläuft.

Von der Isope des Schratten- und Seewerkalkes lässt sich hier nichts genaues sagen, infolge der Erosion, sei es terrestrischer, sei es submariner Natur, welche die oberen Teile dieser Schichten unregelmässig abgetragen hat. Infolge der Abhängigkeit der Gaultmächtigkeit von dem Grade der Erosion des Schrattenkalkes sind wir auch nicht in der Lage, die Isope des Albienmeeres genau zu bestimmen.

Jedenfalls haben wir aus dem Vergleiche der Kreidesedimente vom Kistenpass mit dem Calfeusertal das Recht, zu schliessen, dass die Mächtigkeit der Kreideablagerungen in den zwischenliegenden

---

[1]) Arnold Heim. Die autochthone Kreide p. 22.

[2]) Arnold Heim. Nummul.- u. Flyschbildungen. p. 170—177. Die autochthone Kreide am Kistenpass p. 40.

Gebieten sich im grossen und ganzen innerhalb der Mächtigkeitsgrenzen der zwei untersuchten Lokalitäten bewegen. Wenn wir z. B. lesen, dass auf Calanda, also in dem nächst südlich liegenden Gebiete, der Schrattenkalk 200—300 m mächtig ist[1]), kann man mit Sicherheit drei Möglichkeiten erwarten: 1. so abnorm grosse Mächtigkeit ist durch tektonische Komplikationen bedingt. 2. Der Calanda stellt eine weit vom Süden überschobene Falte dar. 3. Oder die ganze Auffassung vom Schrattenkalk ist hier nicht richtig[2]).

Es bleiben uns noch einige Worte über die paläogeographischen Zustände der Kreideperiode übrig, aber das verschieben wir besser, bis alle sedimentären Ablagerungen unseres Gebietes besprochen sind.

Das Tertiär.

Allgemeine Übersicht.

Enorme Mächtigkeit der Flyschablagerungen, in vielen Fällen fast unbegreifliche tektonische Erscheinungen, unzählige Wiederholungen verschiedener Schichten, Mangel an leitenden Horizonten komplizieren die stratigraphischen Untersuchungen dieser Formation. Es ist hier unmöglich, auf einzelne Schichten (mit Ausnahme der untersten) etwas Positives zu bauen. Die vielen Schichten sind von geringer Ausdehnung; sie keilen aus, und man kann sie überdies wegen verschiedener Fältelungen nicht weit verfolgen.

Wir müssen hier nach ganz anderer Methode verfahren: statt mit einzelnen Schichten mit viel grösseren Einheiten, mit ganzen Schichtenkomplexen operieren. Nur dann wird es möglich, einige Probleme zu lösen.

Von vorneherein verzichte ich hier auf jeden Versuch, verschiedene zweifelhafte Fragen in der Stratigraphie der Flyschformation zu lösen. Dazu eignet sich unser Gebiet, wie wir bald zeigen werden, nicht gut. Ich beschränke mich nur auf einige Tatsachen, ohne irgendwelche weitgehende stratigraphische Schlüsse daraus ziehen zu wollen.

Die ganze Flyschgruppe zerfällt bei uns in folgende Abteilungen, von oben

[1]) Piperoff. Geologie des Calanda. p. 13.

[2]) Ich erwähne diesen Fall absichtlich, da gerade diese Zahlen mir grosse Verwirrung verursacht haben. Nachdem meine Arbeit geschrieben war, hatte ich die Gelegenheit, im Sommer 1910 den Calanda wieder zu besuchen und konnte mich überzeugen, dass der Malmkalk mit dem Schrattenkalk tatsächlich verwechselt wurde.

3. Wildflysch.
2. Eigentliche Flyschgruppe, in welcher wir unterscheiden von oben:
   b) Dachschiefergruppe mit Quarzitbänken und Taveyannaz-sandsteinen,
   a) Globigerinenschiefer.
1. Bürgenschichten.

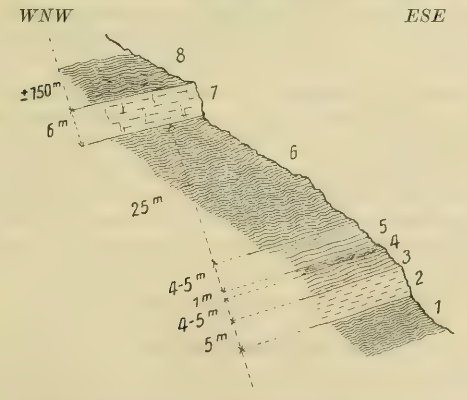
Betrachten wir genauer jede von diesen Abteilungen zuerst im Süden des Gebietes am N-Rande des Tamina-Calfeusertales (A), dann verfolgen wir ihre Fortsetzung gegen Norden, gegen das Walenseetal (unter der Glarnerdecke) (B).

A. Das Tertiär am N-Rande des Tamina-Calfeusertales.

1. Bürgenschichten.

Direkt über dem Seewerschiefer, sehr scharf abgegrenzt gegen den letzten, liegt die einzige eocäne Schicht, welche im ganzen Ge-

Fig. 8a. **Basis der Eocänschichten bei St. Martin im Calfeusertale.** W.-Seite von Acapan.



biete am N-Rande des Tamina-Calfeusertales am deutlichsten auftritt; das ist der Assilinengrünsand, eine 4—6 m mächtige Glaukonit-sandsteinschicht mit zahlreichen Nummuliten.

Ich verdanke Herrn Dr. Arnold Heim die Bestimmung folgender Nummuliten aus dieser Schicht:

Assilina exponens J. de C. Sow. (massenhaft),
Assilina mamillata d'Arch. (massenhaft),
Nummulina complanata Lam. (vereinzelt),
Orthophragmina discus Rütim., var. laevitenuis Heim (vereinzelt).

Um einen Überblick über die eocänen Basisschichten zu gewinnen, gebe ich ein Profil aus dem Calfeusertale bei St. Martin (Ancapan) Fig. 8 a.

Es folgen von unten nach oben:

1. Seewerschiefer,
2. 5 m Assilinengrünsand,
3. 4—5 m etwas glaukonitischer sehr schieferiger Sandstein (ohne Nummuliten),
4. 1 m schwarzer glänzender Tonschiefer vom Flyschtypus,
5. 4—5 m grünlicher glimmerig-sandiger Schiefer (ohne Nummuliten). Übergang nach oben in
6. ca. 25 m weicher weisslicher Mergelschiefer,
7. 6 m Nummulitenkalkschicht (unten etwas grünsandig), voll Nummuliten: *Assilina exponens*, *Assilina mamillata* (massenhaft), *Orthophragmina sp.* (häufig),
8. ca. 150 m Globigerinenschiefer.

Talabwärts nach Osten verändern sich diese basalen Schichten in dem Sinne, dass die obere Nummulitenschicht (7) verschwindet, und es bleibt nur Assilinengrünsand mit grünsandigem Schiefer, auf welchem direkt die mächtigen Globigerinenschiefer ruhen.

Diese untersten Schichten (bis Globigerinenschiefer excl.) entsprechen nach dem petrographischen Charakter, nach der Fauna und nach den Lagerungsverhältnissen der von Arnold Heim für die Zentral- und Ostschweiz aufgestellten Abteilung, der

Bürgenschichten[1] (= mittleres Lutétien, = unt. Pilatusschichten oder Complanataschichten von Kaufmann).

2. Flyschgruppe.

a) Globigerinenschiefer.

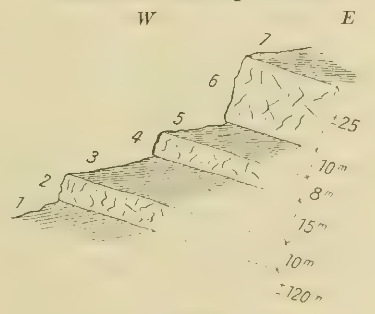
Weiter oben folgt ein sehr typischer Horizont, welcher besonders in seinen untersten Partien sich gut erkennen lässt: das sind hell-graue, weiche, feinste, stark sericitisierte Mergelschiefer mit schwarzen Körnchen auf der Oberfläche: die Globigerinenschiefer (= Stadschiefer von Kaufmann). Unter dem Mikroskop

[1]) Arnold Heim. Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizeralpen. Abh. der Schw. Pal. Ges. V. XXXV p. 118—129.

kann man hier tatsächlich die schönsten Globigerinen nachweisen; die schwarzen Körnchen haben sich als Pyrit, oft als Kern der Foraminiferenschale, erwiesen.

Die Mächtigkeit beträgt etwa 150 m. Die Globigerinenschiefer kommen am deutlichsten auf der Alp Vindels bei Vättis zum Vorschein. In den oberen Abteilungen dieser Schichten, auf der S-W-Seite des Mte. Luna, trifft man wieder ein Nummulitenbank. Auch unter dem Aelpli-Drachenberg wurde ein zweiter oberer Horizont mit Nummuliten (Assilina mamillata) beobachtet.

Fig. 8b. **Profil des Taveyannazsandsteines auf der Alp Vindels.**



7, 5, 3 = Dachschiefer mit Clivage.
1 = Globigerinenschiefer mit Clivage.
6, 4, 2 = Taveyannazsandstein.

Die Grenze nach oben ist nicht scharf. Die Globigerinenschiefer gehen allmählich in den

b) Dachschiefer (= Fischschiefer im Glarnerlande) über. Das ist ein schwarzer, ziemlich harter, sich fein spaltender (in dieser Gegend am häufigsten nach der Clivagefläche) Tonschiefer.

Der Dachschiefer enthält in seiner Basis Taveyannazsandsteinbänke, deren Mächtigkeit nicht konstant ist. Auf der Alp Vindels findet man 3 durch den Dachschiefer abgetrennte Bänke (Fig. 8. b), zusammen bis 50 m Mächtigkeit. Es sind dort „echte fleckige" Taveyannazsandsteine vorhanden; gegen Westen keilen die einzelnen Bänke aus, und von dem ganzen Horizont bleiben bloss schwache Spuren, oder an dem entsprechenden Niveau sind nur taveyannazähnliche, grünlich-glimmerige Sandsteine vertreten.

Im Dachschiefer liegen höher einzelne Sandstein- und Quarzitschichten, welche auch keinen konstanten Charakter haben.

Im ganzen ist die Dachschiefergruppe eine sehr mächtige Abteilung (ca. 400 m).

Die Mächtigkeit lässt sich hier überhaupt nicht genau bestimmen. Die Schichten sind unter den oberen Kreideüberschiebungen stark disloziert, gebogen, und ich glaube, dass man, um die

wirkliche Mächtigkeit zu bekommen, die scheinbare mindestens um 1/3 reduzieren muss. Nach den topographischen Angaben bildet die ganze untere Flyschabteilung eine etwa 950 m mächtige Gruppe, in der Wirklichkeit aber erreicht sie wahrscheinlich kaum mehr als 600 m.

Starke Dislokationserscheinungen verhindern die genauere Einteilung der unteren Flyschgruppe [1]). Sie verwischen oft die petrographischen Unterschiede, wenn sie hier überhaupt vorhanden waren. Aus diesen Gründen bin ich zur Zeit gezwungen, die ganze Dachschiefergruppe am N-Rande des Tamina-Calfeusertales, von den Taveyannazsandsteinen an bis zu den Wildflyschschichten oben, als eine einheitliche Gruppe zu betrachten.

Je weiter nach oben, je mehr kommen die Dislokationserscheinungen zum Vorschein. In vielen Fällen lassen sich gewaltige tektonische Störungen direkt nachweisen, aber fast niemals haben wir in den oberen Regionen die feste Überzeugung, dass wir es mit normaler Schichtlage zu tun haben.

3. Wildflysch.

Über der Dachschiefergruppe folgt eine enorme Masse vom Wildflysch, welcher die ganze Gegend von der Tersolalp bis an die Grauen Hörner und noch weiter nördlich aufbaut.

Wir unterscheiden hier: mächtige Quarzitbänke, Tonschiefer, schwarze Kalksteinbänke, Glimmersandsteine, Breccien, polygene Konglomerate — exotische Blöcke. Sämtliche Schichten sind stratigraphisch ausserordentlich unregelmässig, oft mit Spuren furchtbarer dynamischer Prozesse, welche in nicht selten hier auftretenden Dislokationskonglomeraten deutlichsten Ausdruck finden.

Im Wildflysch finden wir auch sog. Ölquarzite. Im Dünnschliffe sieht man, dass diese Quarzite fast ausschliesslich aus ursprünglichen primären Quarzkörnern zusammengesetzt sind, welche oft ineinandergreifen. Meistens fehlt ein Bindemittel.

Fossilien wurden keine beobachtet. Die Nummuliten, welche ich bis jetzt in den Wildflyschregionen getroffen habe, gehören zu den tektonischen Einlagerungen, wie auch die Foraminiferenschiefer. Es sind noch Algenabdrücke gefunden worden, von denen ich nichts bestimmtes in dieser Beziehung sagen kann.

Was wir jetzt überhaupt unter dem Begriffe „Wildflysch“ verstehen, stellt wahrscheinlich keine stratigraphische Einheit dar, aber

[1]) An der oberen Grenze finden wir hier äusserst dislozierte Schichten, welche als „Wildflysch“ bezeichnet werden können.

wegen der oft unentwirrbaren Fältelungen und Überschiebungen, welche hier stattgefunden haben, sind wir in vielen Fällen nicht in der Lage, diese Formation strenger abzugrenzen.

Die scheinbare Mächtigkeit beträgt hier im ganzen etwa 1500 m, aber wegen der grossen tektonischen Störungen (Schuppenbau) bekommen wir wahrscheinlich in der Wirklichkeit viel weniger.

Die exotischen Blöcke.

Gerade hier in den Wildflyschregionen findet man jene merkwürdige Erscheinung der exotischen Blöcke. Die Erscheinung selbst ist schon oft beschrieben, ich gebe darum hier nur mit wenigen Worten die beobachteten Tatsachen.

Auf dem Grat, welcher von Mte. Luna gegen die Grauen Hörner zieht, sieht man zahlreiche Störungen in der Lage der Quarzite. Die einzelnen Schichten sind oft in verschiedenen Richtungen gebogen; manchmal liegen ganze Partien von Quarzitbänken diskordant mit der Umgebung — wir haben hier den typischen „Wildflysch“ vor uns. Die Ursache dieser sonderbaren Störungen in der Lage der Schichten liegt, glaube ich, in Dislokationserscheinungen, welche mit den sich darüber bewegenden Decken in der engsten Verbindung stehen.

Bald aber auf dem Seeligrat (zwischen Calvina-Zanayalp) stossen wir auf deutlich hervortretende „exotische Blöcke“. Es liegen dort in der Nähe von der Oberfläche zahlreiche, vollständig im Flysch eingebettete Blöcke verschiedener Form, verschiedener Grösse und verschiedener petrographischer Zusammensetzung. Man findet eckige und abgerundete Blöcke, oft mit glatter Oberfläche. Die Grösse schwankt vom Haselnuss bis ungefähr 1 m^3. Petrographisch unterscheidet man grünliche Plagioklas führende Quarzporphyre, saure Granite, Gneisse und Glimmerschiefer. Und gerade dieses gleichzeitige Vorhandensein verschiedener Gesteine ist sehr merkwürdig und auffallend.

In unserer Gegend kann man die exotischen Blöcke nicht als ein besonderes isoliertes Rätsel im Flysch betrachten. Sie stellen nur ein Endglied der anderen viel mehr umfassenderen Erscheinung dar. Es ist nicht schwer, einen Übergang von den exotischen Blöcken zu den polygenen Konglomeraten, weiter zu der Breccie und schliesslich zu dem groben Sandstein zu finden. Das sind aber alles wesentliche Komponenten des Wildflysches, welche jedenfalls mit einem Teil dieser Formation zusammen entstanden sind.

Also exotische Blöcke kann man in unserem Falle nur gleichzeitig mit dem ganzen Wildflyschproblem behandeln.

Ausserhalb der Gesteinsarten, welche in den Blöcken bei Monte Luna auftreten, konnte ich auch in den polygenen Konglomeraten verschiedene meistens stark verwitterte kristalline Gesteine beobachten. Es wurden noch besonders auf Lasaalp schwarze Lydite und graue Kalksteine getroffen, welche von den Lyditen und Liaskalken des Monte Generosogebietes am Süd-Fusse der Alpen[1]) und denjenigen in der miocänen Nagelfluh nicht zu unterscheiden sind.

Die zwei letzten Gesteinsarten sind die einzigen, welche mit gewisser Sicherheit auf die süd-alpine Herkunft des Wildflyschmaterials hinweisen.

Bei der Betrachtung der sonderbaren Wildflyschsedimente entsteht unwillkürlich die Frage, ob sie nicht, zum Teil wenigstens, terrestrische Bildungen sind, ob wir hier nicht mit der Oberfläche jenes Landes zu tun haben, auf welchem sich später die Decken nach und nach von Süden gegen Norden bewegten.

Die süd-alpine Herkunft der Wildflyschsedimente führt uns zu der Frage der Wasserscheide zwischen Nord- und Südalpen. Waren es die Gebirge aus süd-alpinen Gesteinen näher von unserem Gebiete gelegen, finden wir im Wildflysch zertrümmerte Reste der ersten herannahenden süd-alpinen Falten, stehen wir bei der Geburt jener Berge, welche später der miocänen Nagelfluh ihr merkwürdiges süd-alpines Material geliefert haben, oder ist der ganze Wildflysch aus den süd-alpinen Gegenden hieher überschoben? — Wir können noch keine Antwort auf diese Fragen geben.

Ich erwähne, dass schon F. Kaufmann ähnliche Vermutungen ausgesprochen hat, er sagt: „Land und Gesteinsarten der bunten Nagelfluh müssten sich schon während der ganzen Flyschzeit in einiger Nähe befunden haben, da Geschiebe dieser Art besonders im oberen Flysch sehr verbreitet sind". [2])

Ich trete nicht ein auf die verschiedenen Versuche, welche zur Erklärung der exotischen Blöcke gemacht wurden; ich bemerke nur, dass die Anschauungen, welche das Phänomen von den Dislokationserscheinungen ableiten wollen[3]), wie diejenige, welche als Ursache Treibeis oder Eisberge annehmen[4]), in unserem Falle mit gewissen Schwierigkeiten verbunden sind.

[1]) Albert Heim. Ein Profil am Südrand der Alpen. Vierteljahrsschr. der Naturf. Ges. Zurich. 1906.

[2]) F. J. Kaufmann. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lief. 24. 1886. pag. 559.

[3]) Lugeon. Les grandes nappes de recouvrement p. 802. 805.

Haug, E. Les nappes de charriage des alpes calcaires septentrionales B. S. G. F. t. 6. 1906. p. 366—367.

[4]) Arnold Heim. Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch. Eclogae geol. Helvetiae. Vol. IX. 1907.

B. Verbreitung der Flyschformation vom Tamina-Calfeusertale in der N-Richtung gegen das Walenseetal.

Verfolgen wir jetzt die Verbreitung der verschiedenen Flyschabteilungen gegen den Norden des Gebietes, zuerst gegen das Weisstannental, also auf der West-Seite von den Grauen Hörnern.

Die Quarzite des Wildflysches sind bis an die Wasserscheide des Calfeuser-Weisstannentales (Heidelpass) vorherrschend, weiter nördlich gesellen sich Glimmersandsteine hinzu, so dass im grossen und ganzen der oberste Flysch hier aus Quarziten südlich und Glimmersandsteinen mit Quarziten nördlich besteht.

Bei dem Hinabsteigen vom Heidelpass über Alp Valtüsch gegen Weisstannental finden wir „bei drei Wasserfällen“ (Gufelbach) interessante Stellen, wo die untere Flyschabteilung, nämlich Mergelschiefer zum Vorschein kommt. Von diesem Momente an verlieren wir nicht mehr die Grenze zwischen den oberen Glimmersandsteinen einerseits und den unteren Mergelschiefern andererseits. Diese Grenze lässt sich in der Gafarraschlucht besonders schön beobachten.

Durch diese Mergelschiefer ziehen einige mächtige Kalksteinbänke mit Nummuliten [1]. Arnold Heim hat aus der unteren Bank bei Dorf Weisstannen (gegenüber Klosteralphütten) folgende Nummuliten bestimmt: [2]

Nummulina atacica Leym. (= Brarritzensis) var. crassissima (massenhaft),
Nummulina Guettardi d'Arch. et H. (massenhaft),
Assilina granulosa d'Arch. var. minor (häufig),
„ *Leymeriei d'Arch. et H.* (häufig),
Orthophragmina (Discocyclina) Archiaci Schlumb.

Die Mächtigkeit dieser Mergelschiefer mit Nummulitenbänken schätze ich auf ungefähr 400 m. Die Fauna und der Gesteinscharakter sprechen dafür, dass sie jener Gruppe des unteren Flysches entprechen, welche von J. Oberholzer als Blattengratschichten [3] genannt werden.

Im Gufelbachtal bei Weisstannen, unweit von der Unt. Levtinaalp, sammelte ich aus diesen Nummulitenbänken schöne Lithothamnienkalke.

Nach der Lage und nach den Fossilienresten kann man diese Schichten mit denjenigen bei Ragaz parallelisieren, wo der bekannte

---

[1]) Welche schon von Alb. Heim auf der geol. Karte der Schw. Blatt XIV, 1 : 100000 bezeichnet waren.
[2]) Arn. Heim. Die Nummuliten- und Flyschbildungen. p. 75—76.
[3]) Arn. Heim. Loc. cit. p. 80—82.

„Ragazer Marmor“ ausgebeutet wird[1]). Daraus ergibt sich, dass der Flysch bei Ragaz wahrscheinlich ein Äquivalent der Blattengratschichten darstellt.

Die Nummulitenschichten bei Ragaz, wie wir im Kapitel über die Tektonik zeigen werden, sind überschoben. Ob man diese Auffassung auch auf die Blattengratschichten im Weisstannentale ausdehnen kann, lässt sich auf Grund nur dieser Tatsache nicht entscheiden, da die Ragazer Marmore in keiner direkten Verbindung mit den Nummulitenbänken im Weisstannentale stehen.

Noch weiter nördlich talauswärts, d. h. stratigraphisch noch tiefer (bei Mühle, Weisstannental), tauchen die typischen Dachschiefer mit Sandsteinbänken auf (Fig. 16), welche im Glarnerlande auch unter den Blattengratschichten vorkommen.

Die Dachschiefer sind hier im ganzen etwa 300 m + x mächtig. Tiefere Horizonte sind im Weisstannentale bedeckt. Dagegen treffen wir auf der E-Seite der Glarnerdecke beim Seebach (östlich von Vilters) wieder Taveyannazsandsteinablagerungen, welche von mir mikroskopisch geprüft wurden[2]). Aber merkwürdigerweise erreichen sie hier eine enorme Mächtigkeit bis ungefähr 100 m. Ich muss also annehmen, dass hier, wie westlich im Gebiete Kistenpass-Linthtal[3]), die Mächtigkeit der Taveyannazsandsteine gegen Norden zunimmt.

Noch sind die besonderen Schichten von dieser Seite einer Erwähnung wert. Unter den Taveyannazsandsteinen, ca. 1 km von Vilters in der Seebachschlucht (Mumerti-Bigger), findet man auf einer Erstreckung von ungefähr 200—300 m etwa 6—7 Nummulitengrünsandbänke (einige bis 10 m mächtig) mit: *Assilina exponens* J. d. C. Sow., *Nummulina complanata* Lam. (?), *Orthophragmina sp.*, *Nummulina sp.*

Die Nummulitenfauna und das Gestein weisen auf die untersten Horizonte des Flysches hin. Die Kreideaufschlüsse konnte ich aber nirgends konstatieren. Alles ist hier mit Vegetation bedeckt, die Lage der Schichten nicht übersichtlich.

[1]) Loc. cit. p. 70—73.

[2]) Man findet unter dem Mikroskop grosse regelmässige Plagioklase mit geringer Auslöschungsschiefe; die übrige Trümmermasse besteht aus Quarzkörnern, kleinsten Feldspathpartikelchen und Calcit. Im Schliffe wurden noch besondere, geröllartig abgerundete kleinste Partien getroffen, wo in feinster Grundmasse wieder Plagioklaseinsprenglinge und Augite eingebettet liegen.

[3]) Arn. Heim. Nummul.- und Flyschbildungen. p. 85.



Stufe		Mächtigkeit	Sernftal-Kistenpass bis Schächental, autochthon nach J. Oberholzer und Arn. Heim 1908	Mächtigkeit	N.-Rand des Calfenser-Taminatales	Mächtigkeit	Weisstannental	E.-Seite der Glarnerdecke
Einsiedlerschichten — Mittel-Eocän	Bartonien-Ludien?		Altorfer Sandstein z. Teil?					
Einsiedlerschichten	Oberes Lutetien	1000–2000 m	**Wildflysch** mit exotischen Blöcken und Einlagerungen von Numm.-Kalken mit *N. distans, Murchisoni. A. granulosa. O. Archiaci.*	+ 1000 m z. T. überschoben	**Wildflysch** mit exotischen Blöcken Tonschiefer- und Kalkmergel-Einlagerungen	± 1000 m	**Wildflysch** Glimmersandsteine und Quarzite mit Tonschiefer-Einlagerungen.	**Wildflysch** mit exotischen Blöcken Glimmersandsteine und Quarzite.
Einsiedlerschichten	Oberes Lutetien	1000–2000 m	**Blattengratschichten:** Mergelschiefer mit Numm.-Kalken. *N. atacica, Murchisoni, A. granulosa. O. Archiaci.*	± 600 m	**Mergelschiefer** Kalkmergel-Einlagerungen Wildflysch, unbestimmbare Nummuliten. Sandsteinbänke, Dachschiefer.	± 100 m	**Blattengratschichten** Mergelschiefer mit Numm.-Kalken: *N. atacica, N. Guettardi, A. granulosa, A. Leymeriei, O. Archiaci, Lithothamnien - Kalke.*	**Blattengratschichten?** Mergelschiefer mit Numm.-Kalken: *A. granulosa* (Fortsetzung der „Ragazer Marmore"[2]) überschoben.
Einsiedlerschichten	Oberes Lutetien	500–1000 m	**Sandst. u. Dachschiefer** mit reicher Fischfauna	± 600 m			**Sandst. u. Dachschiefer**	Sandsteine Quarzitbänke Dachschiefer z. T. Mergelschiefer überschoben?
Einsiedlerschichten	Oberes Lutetien	500–1000 m	**Taveyanazgestein** 50–100 m	± 600 m	**Taveyannazsandstein** 0–50 m Dachschiefer		Nicht aufgeschlossen	**Taveyannazsandstein** 100 m
Einsiedlerschichten	Oberes Lutetien	500–1000 m	**Graue Mergelschiefer** mit Globigerinen 100–300 m		**Globigerinenschiefer** ±150 m (m. Num. Kalkband oben)		Nicht aufgeschlossen	
Obere Pilatusschichten	Oberes Lutetien		**Pectinitenschiefer** 3 + ? m				Nicht aufgeschlossen	
Bürgenschichten	Mittleres Lutetien	36 m (am Kistenpass)	3 m Grenzsandstein	± 300 m				Mergelschiefer *Grünsandbänke*[2]) mit *A. exponens, N. complanata.* Mergelschiefer.
Bürgenschichten	Mittleres Lutetien	36 m (am Kistenpass)	5 m Sandkalk mit groben Quarzkörnern und *Orthophrag.*	± 300 m				
Bürgenschichten	Mittleres Lutetien	36 m (am Kistenpass)	1 m Haupt-Complanatakalk voll *N. complanata, helvetica.*	± 300 m	Glaukonitischer, schieferiger Sandstein wenige Meter (im Osten des Gebietes), ohne Num.[1])			Nicht aufgeschlossen
Untere Pilatusschichten	Mittleres Lutetien	36 m (am Kistenpass)	22 m Sandkalk mit *N. complanata, uroniensis, O. discus.*	± 300 m				Nicht aufgeschlossen
Untere Pilatusschichten	Mittleres Lutetien	36 m (am Kistenpass)	5 m **Glaukonitkalk** voll *A. exponens, N. uroniensis, N. complanata, O. discus.*	± 300 m	4–6 m **Glauconitkalk** (= Assilinengrünsand) mit *A. exponens* (massenhaft), *A. mamillata* (massenhaft), *N. complanata* (vereinzelt), *O. discus.*			Nicht aufgeschlossen
			Seewerkalk. Cenoman		Seewerschiefer			

[1]) In der ganzen Abteilung der Bürgenschichten erwähne ich hier nur die Assilinengrünsand und glaukon[illegible], da nur diese zwei untersten Schichten sich im ganzen Gebiete ununterbrochen verfolgen lassen. Höher folgt Mergelschiefer [illegible] (im Osten des Gebietes).

[2]) Das Niveau dieser untersten Schichten ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt.

Zusammenstellung der stratigraphischen Resultate über die Tertiärformation.

Versuchen wir jetzt die Ergebnisse unserer stratigraphischen Bemerkungen über den Flysch tabellarisch zu veranschaulichen. Zum Vergleiche nehme ich die Einteilung des Flysches im Sernftal Kistenpassgebiete nach J. Oberholzer und Arn. Heim [1]).

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, dass im unteren Flysch unzweifelhafte Lutétienfauna vertreten ist, wie es von Arnold Heim für diese Gebiete festgestellt war. In der Wildflyschabteilung wurden keine Fossilien gefunden und überhaupt keine sicheren Anhaltspunkte gewonnen, um das Alter dieser Schichten zu bestimmen. Jedenfalls müssen wir bemerken, dass die Ablagerungsverhältnisse des Wildflysches paläogeographisch sich so gründlich von denjenigen des untern Flysches unterscheiden, dass wir in unserem Gebiete nicht berechtigt sind, das mitteleocäne Alter der unteren Schichten ohne weiteres auf den Wildflysch zu übertragen.

Einige Bemerkungen zur Paläogeographie des Gebietes.

Die paläogeographischen Zustände lassen sich nur aus dem Studium ausgedehnter Gebiete genauer herauslesen. Da aber unsere Beobachtungen über die Stratigraphie der autochthonen Formationen einige Tatsachen ergeben, welche in dieser Beziehung von Werte sein könnten, versuchen wir die Bewegungen des Bodens im Vergleiche zu dem Meeresspiegel graphisch in äusserst schematischer Weise darzustellen. Fig. 8c.

1. Post-Carbonische [2]) oder Post-Permische Falten des Zentralmassives (Calfeusertal bei Vättis).

2. Dolomite und Quartenschiefer geringer Mächtigkeit.

Fig. 8c. **Zur Paläogeographie des Gebietes.**

Carbon-Perm [1]) — Trias [2]) — Unt. Lias [3]) — Ob. Lias [4]) — Dogger — Malm [5]) — Ob. Malm [6]) — Unt. Kreide [7]) — Barrême-Albien [8]) — Ob. Kreide [9]) — Kreide-Eocän [10]) — Mittl. Eocän [11]) — Meeresspiegel

[1]) Arn. Heim. Loc. cit. p. 140—141. Gliederung und Facies des Eocän der Schweizeralpen.

[2]) Albert Heim. Beiträge Lief. 25 pp. 481—488.

3.—4. Das Fehlen der unt. Liasischen Ablagerungen und das Vorhandensein von groben Dolomitbrocken, Geröllen und verschiedenen miteinander vermischten Fossilien im ob. Lias (Toarcien) dienen als Beweise der terrestrischen Erosion in den triasischen Ablagerungen zu jener Zeit, und gleichzeitig weisen sie auf die litoralen Bildungen des ob. Lias hin.

5. Grosse Mächtigkeit des Hochgebirgskalkes in gleicher Facies lässt eine fortwährende Senkung des Gebietes vermuten.

6. Ob. Malm. Korallenkalke = Seichtes Meer.

7. Neritische Bildungen der unt. Kreide (z. B. Austernbänke im ob. Valangien).

8. Hypothetische Landperiode zwischen ob. Barreme (unterer Schrattenkalk) — Albien (Gault).

9. Gaulttransgression. Tiefmeeresablagerungen zur Cenoman-Turonzeit (Seewerschiefer).

10. Diskontinuität der Ablagerungen zwischen oberer Kreide (Cenoman, Turon) und mittl. Eocän (Lutétien).

11. Eocäne Transgression [1]). Geosynklinale Senkung. Globigerinenschiefer, Flysch.

Wir sehen aus diesem Schema, dass seit der paläozoischen Zeit das Land zweimal (resp. dreimal) über die Meeresfluten auftauchte, nämlich im unt. Lias und an der Grenze der Kreide-Eocänperiode. Seit dem ob. Lias haben wir ununterbrochene Senkung des Bodens bis ob. Malm. An der Malm-Kreidegrenze herrscht allgemeine Hebung des Landes. Die seichteren Meeresablagerungen der Kreide könnte man auch in anderer Weise erklären, nämlich durch die Ausfüllung der Malmmeere mit Absätzen, aber die Ausbildung des Hochgebirgskalkes in gleicher Facies von unten nach oben bis an den Korallenkalk scheint doch mehr dafür zu sprechen, dass wir es an der Malm-Kreidegrenze mit der Hebung des Meeresbodens zu tun haben.

Während der ganzen unteren Kreide haben wir litoral-neritische Bildungen. Man könnte vielleicht denken, dass die grosse nachgewiesene Erosion des Schrattenkalkes eine Festlandperiode zur Apt-Epoche bedeutet, aber solange zweifellose terrestrische Bildungen in den karrigen Unebenheiten und Schloten des Schrattenkalkes in unserem Gebiete nicht nachgewiesen sind, haben wir kein Recht, von einer solchen Periode mit Sicherheit zu sprechen.

Die Cenomantransgression des ganzen Mitteleuropa lässt sich bei uns durch tiefere Meeresablagerungen konstatieren.

[1]) Arnold Heim. Die Stratigraphie der autochthonen Kreide p. 39, 43.

Die Diskontinuität der Ablagerungen zwischen Seewerschichten (ob. Kreide) und Assilinengrünsand (mittl. Eocän), weiter terrestrische Bildungen an dem entsprechenden Niveau in den westlicheren Gebieten veranlassen zu der Annahme einer Landperiode auch in unserer Gegend zu jener Zeit, was aber nicht ganz sicher ist (vergl. S. 351—352).

Seit der Eocänzeit herrscht im allgemeinen Senkung, im Detail aber ist es die unruhigste Epoche im Sinne der Ablagerungen der Sedimente. Nichts ähnliches finden wir in der ganzen mesozoischen Periode. Tiefmeeresablagerungen (Globigerinenschiefer), litorale Bildungen (Lithothamnienkalke), vulkanische Tuffe (Taveyannazsandsteine), feinste Tonschiefer, grobe Quarzite und exotische Blöcke liegen bunt übereinander. In dem Flysch bleiben noch viele palaeogeographische Rätsel von grossem Interesse und von enormer Wichtigkeit für die geologische Alpengeschichte verborgen; manche werden vielleicht eine tektonische Erklärung finden.

Tektonik

(mit stratigraphischen Bemerkungen über die überschobenen Massen).

Zur besseren Übersicht beschreibe ich die tektonischen Erscheinungen in den vier folgenden Abteilungen: 1. Tektonik der autochthonen Formationen mit Ausnahme des Eocän. 2. Tektonik der überschobenen Massen. 3. Tektonik des Eocän. 4. Genetische Zusammenfassung der tektonischen Erscheinungen.

1. Die Tektonik der autochthonen Formationen.

Im Tamina-Calfeusertale finden wir, wie es schon lange bekannt war[1]), die letzten östlichen Ausläufer der zentralmassivischen Stauungen, welche in den kristallinen Schiefern und verrucanoähnlichen Gesteinen zum Vorschein kommen.

Von Vättis sieht man gegen Westen ein mächtiges Gewölbe im Rötidolomit, welches die Basis der ganzen Ringelgruppe bildet. Den Gewölbekern stellen diskordant zu den oberen Sedimenten auftretende, steil SW fallender Verrucano und kristalline Schiefer dar. Entsprechend der allgemeinen Richtung des Zentralmassives streicht auch dieses Gewölbe von der Ringelgruppe ungefähr in der NE-Richtung gegen Calanda, welcher auch auf ähnlicher Basis wie die Ringelgruppe ruht und wo eigentlich das letzte Echo der zentralmassivi-

[1]) Alb. Heim. Mechanismus. Bd. I. p. 11. Beiträge. Lief. 25. pp. 122—125.

schen Faltungen verklungen ist. Von dem Gewölbe selbst lässt sich noch feststellen, dass es ein gegen ungefähr NW leicht überliegendes Gewölbe ist[1]). Aus diesem Grunde finden wir im Calfeusertale nördlich der Tamina bei der Gigerwaldbrücke (Tersolbach) ganz saigere Trias-Doggerschichten. Auch östlich von Vättis, unweit von St. Peters, sieht man von der Strasse starke, fragezeichenähnliche Umbiegung im Malm, welche wahrscheinlich teilweise durch die gleiche Erscheinung, teilweise durch das Untertauchen des Zentralmassives an dieser Stelle bedingt ist. Der Taminafluss erodiert nur bei Vättis den Gewölbekern; talaufwärts und talabwärts weicht er in nördlicher Richtung von dem Verlaufe des Gewölbes ab und erodiert seinen Nordflügel. Diese Erscheinung bedingt die Lage der oberen sedimentären Schichten am N-Rande des Tamina-Calfeusertales: in der Umgebung von Vättis sind die Schichten am meisten gehoben, in den zwei entgegengesetzten Richtungen der Tamina entlang tauchen sie nach und nach in die Tiefe.

Es ist eine Aufgabe der geologischen Karte, den Verlauf aller einzelnen Schichten zu veranschaulichen, ich nenne hier darum als Beispiel nur die tektonische Lage der Kreideschichten: auf dem Gelbberg bei Vättis findet man sie auf dem Niveau ca. 2000 m, talaufwärts verschwinden sie in der Tiefe bei ca. 1300 m (St. Martin), talabwärts bei etwa 800 m (Mapragg).

Sämtliche unteren Sedimente verlaufen in entsprechender Weise: was das Eocän oben betrifft, so schmiegt es sich den Kreideschichten an, insofern es von anderen tektonischen Ursachen nicht in Anspruch genommen ist.

2. Tektonik der überschobenen Massen (Decken).

A. Drachenüberschiebung.

Schon Arn. Escher v. der Linth war bekannt, dass bei Vättis auf der Ladilsalp und auf dem Gelbberg zwei Kreideberge, Aelplikopf (Vättnerkopf) und Drachenberg, auf dem Eocän schwimmen[2]). Man sieht tatsächlich, wenn das Auge nur einigermassen mit den eocänen Gebirgsformen vertraut ist, dass diese zwei Berge ganz eigentümliche Gestalten zeigen. Mitten in den Flyschregionen erheben sich helle schroffe Felswände und verraten von weitem ihren besonderen geologischen Bau.

Es wird vielleicht am zweckmässigsten sein, gleich die Stratigraphie dieser Kreide kurz zu behandeln. Die Gesteine sind hier im

[1]) Albert Heim. Beiträge. 25. Taf. II. prf. Nr. 15.
[2]) Alb. Heim. Mechanismus. Bd. I. p. 212.

allgemeinen stark zerdrückt, manchmal äusserst geschiefert, so dass ich im Anfang zu keinen sicheren Resultaten gelangen konnte.

Nach der eingehenden makroskopischen und mikroskopischen Prüfung verschiedener Gesteine, welche hier auftreten, hat sich folgendes erwiesen: auf dem Aelplikopf und dem Drachenberg ist die gesamte Kreide der östlichen Schweizeralpen vorhanden, die im Ver-

Fig. 9. **Stratigraphie des Älplikopfes.**

gleich zu der autochthonen Kreideserie keine bedeutende Faciesdifferenzen aufweist. Geringe Unterschiede in der Mächtigkeit verschiedener Schichten, welche aus dem Vergleiche des überschobenen Kreideprofiles auf dem Aelpli (Fig. 9) mit der autochthonen Kreide hervorgehen, überschreiten nicht die Grenzen der Schwankungen, welche sich innerhalb der autochthonen Serie auf der Strecke Tamina-Calfeusertal-Kistenpass vollziehen (vergl.: Fig. 3, 5, 7).

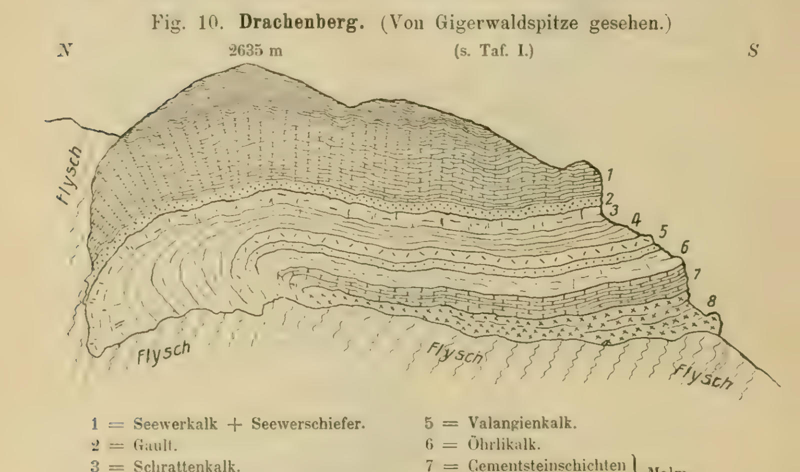
Die Schichtfolge ist normal.

Unter der Kreide findet man noch auf dem Aelplikopf die sog. Zementsteinschichten (oberster Malm), welche auf dem stark

dislozierten Flysch ruhen. Die Stratigraphie des Drachenberges unterscheidet sich von der des Aelplikopfes nur dadurch, dass hier noch tiefere Schichten, nämlich Korallenkalk, überschoben sind (Fig. 10).

Bei weiteren Untersuchungen ist es mir dann gelungen, noch Fortsetzungen dieser Überschiebungsfalte nachzuweisen. Wenn man vom Calfeusertale dem Tersolbach entlang hinauf geht und die Gegend über dem Niveau der autochthonen Kreide überblickt, also gerade dort, wo links von der Schlucht sich die senkrechten Wände des Drachenberges erheben, bekommt man auf der gegenüberliegenden westlichen Seite gerade ein Spiegelbild von der Kreideüberschie-

Fig. 10. **Drachenberg.** (Von Gigerwaldspitze gesehen.)



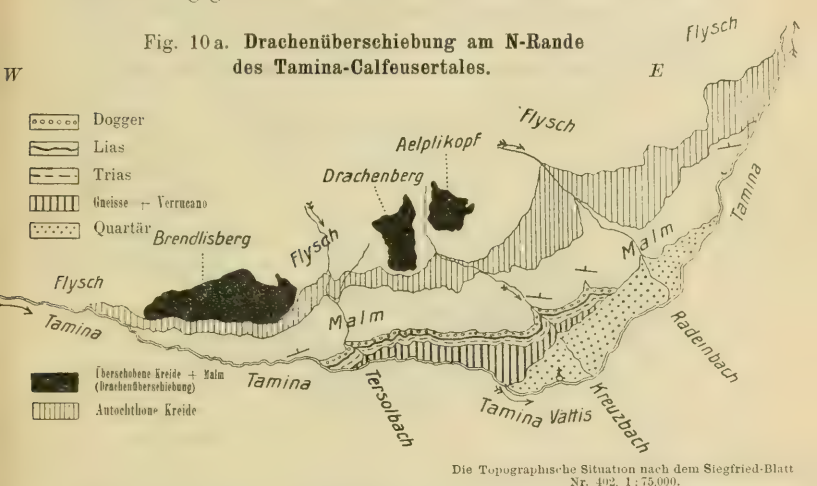
1 = Seewerkalk + Seewerschiefer.
2 = Gault.
3 = Schrattenkalk.
4 = Drusbergschichten + Kieselkalk.
5 = Valangienkalk.
6 = Öhrlikalk.
7 = Cementsteinschichten } Malm
8 = Korallenkalk } Malm

bung des Drachenberges. Nur liegt dort alles tiefer, entsprechend dem allgemeinen Verlaufe der autochthonen Basisschichten. Diese westliche Fortsetzung der Drachenbergüberschiebung bildet einen wunderbaren Berg dieser Gegend, nämlich die Gigerwaldspitze, zieht weiter, immer gleichmässig hinabsinkend, gegen Brendlisberg bei St. Martin[1]) und hört dort auf. Sie

[1]) Die ganze Partie ist am leichtesten von St. Martin über Brendlisberg zu besteigen, aber gerade dort sieht man keine Spur von der Überschiebung. Am Rande gegen Calfensertal überhängender, ungangbarer Wände finden wir Seewerkalk und etwas Seewerschiefer; weiter bergaufwärts ist alles mit sanften Wiesen bedeckt, die Lage der Schichten ist nicht übersichtlich. Nach den äusseren Formen könnte niemand hier eine Überschiebung vermuten.

lässt sich am schönsten von der Ringelseite, nämlich von den Orgeln und von der Panäraalp überblicken. Auf einer Strecke von ca. 2 km sieht man von dort eine Doppelung in der Kreide, man konstatiert weiter, dass die überschobene Kreide der Gigerwaldspitze eine genaue Fortsetzung der entsprechenden Kreide des Drachenberges und des Aelplikopfes darstellt.

In der N-Richtung gegen die Grauen Hörner steigen die eocänen Berge im allgemeinen an. Weshalb ist dort nichts von der Kreideüberschiebung geblieben?



Die Topographische Situation nach dem Siegfried-Blatt Nr. 402, 1 : 75,000.

Eine prachtvolle Umbiegung der Kreide, welche an der West-Seite des Drachenberges zu sehen ist (Fig. 10), und eine ähnliche Umbiegung in der Kreide des Aelplikopfes mit der Gewölbebiegung gegen Norden (an der E-Seite) geben uns Antwort auf die gestellte Frage, nämlich, dass wir es hier mit einer Gewölbeumbiegung, mit der Stirn der Überschiebungsfalte zu tun haben, und dass Aelplikopf, Drachenberg, Gigerwald den Verlauf der Gewölbestirn dieser Falte bezeichnen.

Die gegenseitige Lage der autochthonen und der überschobenen Kreide können wir aus folgenden Tatsachen herauslesen: auf der E-Seite des Aelplikopfes sind sie durch etwa 350 m mächtigen Flysch getrennt, weiter südwestlich vermindert sich diese Flyschzwischenlage mehr und mehr, so dass man bei der E-Seite der

Gigerwaldspitze nur noch Assilinengrünsand und etwas Flyschschiefer findet und schliesslich gegen Brendlisberg die überschobenen Massen direkt auf dem Seewerkalk der normalen Serie liegen.

Um auf die Frage nach der Wurzel dieser Überschiebungsfalte eine Antwort zu finden, müssen wir die Geologie der nächst südlichen Gegend, nämlich der Calandagruppe, kurz behandeln.

Nach der letzten speziellen Arbeit über dieses Gebiet[1]) sollte der Calanda eine grosse gegen NW überliegende Falte darstellen. Meine Beobachtungen aber haben mich zu ganz anderen Resultaten geführt. Wenn man über die steilen Calanda-Wände von der Vättis-Seite hinaufklettert, konstatiert man folgendes: über dem autochthonen Jura folgt etwas von der normalliegenden, stark zerquetschten



Fig. 11. **Calandaüberschiebungen.**

und reduzierten Kreide, dann kommt wieder sehr mächtiger Malm mit der ganzen Kreideformation darüber und Flysch mit Numm.-Grünsand; noch höher finden wir auf dem Flysch den Malm zum drittenmal mit schärfster Überschiebungsfläche auf der Unterseite und mit der gesamten Kreideserie darüber. Also Malm-Kreide in der normalen Reihenfolge wiederholen sich dreimal übereinander. Die zwei oberen Serien gehören zu den zwei Überschiebungsfalten mit fehlendem Mittelschenkel. Diese Anschauungen habe ich in dem sehr schematischen Profil Calanda-Aelpli wiederzugeben versucht (Fig. 11).

Die gegenseitige Lage der autochthonen Formationen und der zwei überschobenen Massen und überhaupt der ganze geologische

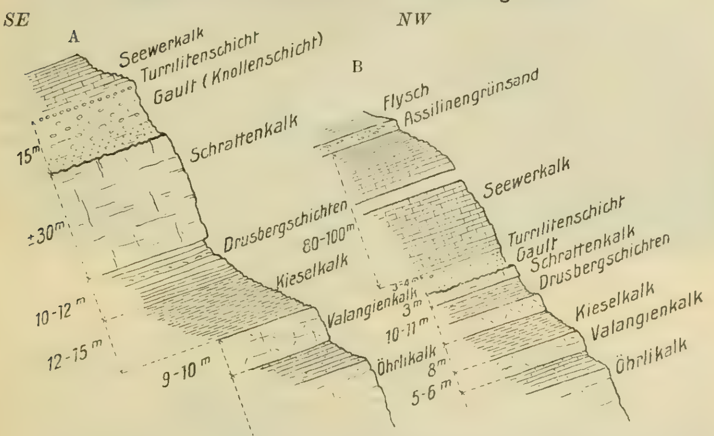
---

[1]) Piperoff. L. c.

Bau des Calanda lässt sich am besten von der gegenüberliegenden Seite, nämlich von dem Vättner- und Gelbberg überblicken.[1])

Die Geologie des Calanda enthält im Detail viel mehr Komplikationen. Auf der Süd-Seite dieses Gebirges sind zahlreiche Schuppen übereinander geschoben, wir sprechen aber vorläufig nur von denjenigen Überschiebungen, welche sich im grossen Stiele entwickeln und auch auf die N-Seite von Calanda übergreifen.

Fig. 11a. Kreideprofile der zwei Calandaüberschiebungen auf der NE-Seite der Haldensteiner Calanda aufgenommen.



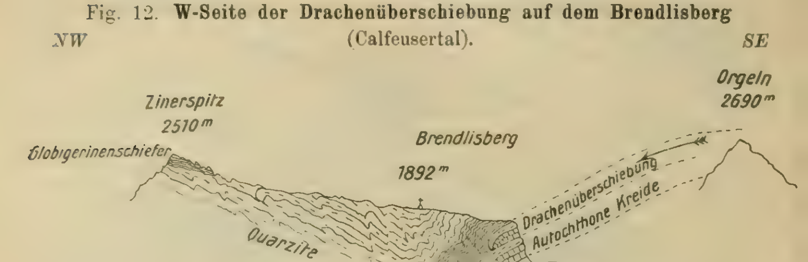
A = Höhere Überschiebung (Drachenüberschiebung).
B = Tiefere Überschiebung (Calandaüberschiebung).

In bezug auf die Kreidestratigraphie der zwei Calandaüberschiebungen fand ich, dass die Kreide der höheren Überschiebung bedeutend mächtiger entwickelt ist als diejenige der tieferen (ich spreche hier von der Stratigraphie nur der N-W-Seite v. Calanda), was vollständig übereinstimmt mit den zwei Tatsachen: 1. dass die höhere Schubmasse aus südlicheren Regionen kommt als die tiefere, 2. dass die helvetische Kreide im allgemeinen an Mächtigkeit im Süden zunimmt (Fig. 11a).

[1]) Der Zusammenhang der Kreide auf Calanda und auf dem Drachenberg-Aelpli war Piperoff bekannt, nur die tektonischen Auffassungen entsprechen nicht der Natur. Seine Meinung, dass „die Calandafalte nichts anderes als der Südflügel der Glarnerdoppelfalte ist", dass sie „aus der normalliegenden Kreide des Gewölbeschenkels" dieser Falte modelliert ist (p. 25), kann heute selbstverständlich nicht weiter bestehen bleiben.

Von der Vättis-Seite her kann man feststellen, dass fast das gesamte autochthone Eocän und z. T. auch die Kreide unter der tiefsten Calandaüberschiebung herausgequetscht sind; es scheint, dass in der S-W-Richtung der überschobene Malm direkt auf dem autochthonen liegt. Aus dieser Tatsache kann man schliessen, dass die Wurzel der tiefsten Überschiebung nicht weit entfernt ist; sie liegt auf dem S-Abfall des Aarmassives. Die Wurzel der höheren Überschiebung ist weiter südlich gelegen [1]). Man kann das Eocän, das zwischen zwei Überschiebungen NE vom Calandagipfel bei Sattel sehr deutlich zum Vorschein kommt, rechts von dem Val-Cosez bis

Fig. 12. **W-Seite der Drachenüberschiebung auf dem Brendlisberg (Calfeusertal).**



1 : 50,000.

zu dem Rheintal hinunter verfolgen. Ganz unten im Rheintale bei Horn (Fenza) lassen sich noch Flysch und sehr stark transversalgeschieferter Numm.-Grünsand feststellen [2]).

Auf Grund der ganzen geologischen Situation des Gebietes und genauer Kenntnis der Kreidestratigraphie ist es klar, dass die Über-

[1]) Ich habe die Absicht, den Calanda zum Gegenstand einer eingehenden Arbeit zu machen, wobei alle diese Fragen einer näheren Prüfung unterworfen werden sollen.

[2]) Zu der Auffassung, dass der Calanda zwei Überschiebungen trägt und dass unweit vom Sattel zwischen diesen Überschiebungen Flysch vorkommt, bin ich schon im Herbst 1909 gekommen, darüber habe ich auf dem geolog. Referierabend in Zürich im Wintersemester 1909/10 bei Gelegenheit meines Referates über die Grauen Hörner Mitteilung gemacht.

P. Arbenz und W. Staub sind in der letzt erschienenen Arbeit (Die Wurzelregionen der helvetischen Decken. Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Ges. Zürich 1910, p. 180) zu den gleichen Resultaten gekommen, was mir eine wertvolle Bestätigung meiner Ansicht ist.

Flysch

Kreide

Malm

Flysch

Westseite des Drachenberg von Gigerwaldspitze

Kreide

Malm

Flysch

Valang-Kalk

Kreide

Flysch

autochthone Kreide

Südseite des Drachenberg vom Gelbberg



schiebung Aelpli - Drachenberg - Gigerwald zu einer der Calandaüberschiebungen gehört; es bleibt uns nur zu entscheiden, zu welcher. Die Kreide der tiefsten Überschiebung auf dem Calanda hört in westlicher Richtung bald auf; westlich von der Richtung Vättis-Felsberger Calanda ist sie auf Calandaseite wahrscheinlich nicht mehr vorhanden, dagegen reicht die Aelpli-Drachenberg-Überschiebung noch einige Kilometer weiter westlich. Es bleibt darum nur die andere Möglichkeit, dass die letztere eine Fortsetzung der höheren Überschiebung auf dem Calanda darstellt. Auch die Kreidestratigraphie spricht dafür (vergl. Fig. 9 und 11 a).

Die Spuren der tieferen Calandaüberschiebung äussern sich auf dem gegenüberliegenden Tominatalrande in solcher Weise, dass z. B. die autochthonen Seewerkalkschichten bei Mapragg plötzlich fast senkrecht aufgerichtet und stark gegen den Flysch hineingepresst sind.

Also der ganze obere Calanda, Aelpli-Drachenberg, Gigerwald, Brendlisberg und z. T. auch die Ringelgruppe[1]) (Fig. 12) sind von einer gemeinsamen grossen Überschiebung gebildet, welche ich zur besseren Orientierung mit dem besonderen Namen Drachenüberschiebung bezeichnen will. Die tiefere Überschiebung auf Calanda möchte ich als Calandaüberschiebung bezeichnen.

B. Glarnerdecke.

Wie schon in den einleitenden Worten erwähnt war, gehören die obersten Regionen unseres Terrains zu der E-Seite der Glarnerdecke[2]). Die reinsten tektonischen Linien der Überschiebungsfläche bestimmen schon aus grosser Entfernung die Grenzen zwischen eocäner Unterlage und der Decke selbst. Diese Grenzen sind am besten an der W-Seite der Grauen Hörner zu übersehen; auf der Strecke von mehr als 4 km verfolgt man dort ununterbrochen den Lochseitenkalk an der Basis der mächtigen Verrucanomassen der Decke. Man sieht von weitem, dass die Überschiebungsfläche mit wunderbarer Regelmässigkeit etwa 12° gegen N abfällt. Die horizontale Ausdehnung der Decke selbst ist leicht zu bestimmen, da, mit Ausnahme der von dem Schutt etwas bedeckten E-Seite, der Kontakt zwischen Autochthonem und Überschobenem fast überall entblösst ist. Nur im Norden taucht der Verrucano der Decke unter die Sohle des Walenseetales in die Tiefe, man kann ihn dort nicht weiter verfolgen.

---

[1]) Von Gigerwald-Brendlisberg zieht diese Überschiebung hinauf gegen die Ringelgruppe, wie weit sie aber dort verbreitet ist, werden wir erst aus der gegenwärtig in Arbeit stehenden Untersuchung über diese Gegend von Herrn Blumenthal erfahren.

[2]) Vergl.: Albert Heim. Beiträge. Lief. 25. Tafel II. Profil 15.

Die Schichten der Decke liegen meistens als eine zusammenhängende Masse, nur hie und da wurden durch die Erosion einzelne Fragmente abgetrennt, wie am Stafinelli Grat (W-Seite v. Gr. Hörnern), bei Wangs, bei Ragaz usw. (NE-Seite).

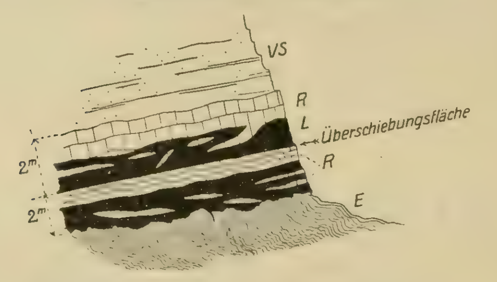
In stratigraphischer Beziehung ist die Glarnerdecke in jener Abteilung, welche als einheitliche Masse auf dem Gebiete der Grauen Hörner liegt, in folgender Schichtenreihe aufgebaut: unten Lochseitenkalk mit Rötidolomit und etwas Quartenschiefer, oben enorme Verrucanomassen, dann wieder zu oberst Rötidolomit mit Quartenschiefer[1]).

1. Lochseitenkalk und lochseitisierter Rötidolomit.

Da der Lochseitenkalk selbst und sein Kontakt mit dem Eocän nach unten schon lange eingehend beschrieben sind[2]), brauche ich

Fig. 13. **Kontakt der Glarnerdecke mit dem Eocän bei Gafarratobel** (Weisstannental).

N *S*



VS = Verrucano Sandstein. L = Lochseitenkalk.
R = Rötidolomit. E = Eocän.

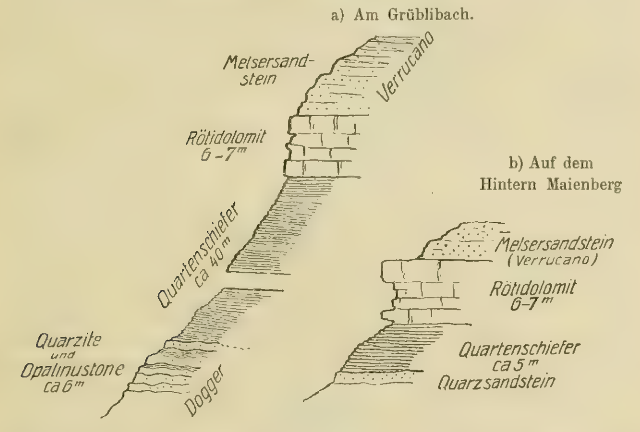
hier nicht das Bekannte zu wiederholen. Ich bemerke nur, dass ich an der Grenze zwischen dem Eocän und Verrucano nur den eigentlichen Lochseitenkalk, (= reduzierter Malmkalk im Mittelschenkel der Glarnerdecke) Rötidolomit und auf der E-Seite der Grauen Hörner unweit von Wangs auch Quartenschiefer mit Sicherheit beobachten konnte. Wenn es auch hier noch von diesen drei Typen abweichende Gesteinsfragmente gibt, so sind sie gewöhnlich so unbestimmbar und so unbedeutend, dass ich lieber hier keine positive Definition stellen will.

[1]) Die Gegend nördlich von den Grauen Hörnern war in den Regionen der Glarnerdecke von Ernst Blumer teilweise kartiert. Das Manuskript dieser Karte wurde mir in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt. Ich benütze hier die Gelegenheit, um Herrn Dr. Blumer meinen Dank auszusprechen.

[2]) Alb. Heim. Mechanismus. Bd. I. pp. 138–142. Beiträge. Lief. 25. pp. 172–179.

Der Rötidolomit liegt gewöhnlich über dem eigentlichen Lochseitenkalk und direkt unter dem Verrucano-Sandstein. Aber es sind zahlreiche Abweichungen von dieser Regel vorhanden. Er bildet einzelne abgetrennte Linsen und ganze Schichteneinlagerungen mitten im Lochseitenkalk (Fig. 13), in welchem gewöhnlich die Überschiebungsfläche zu beobachten ist. In seltenen Fällen (W-Seite der Gr. Hörner) scheint lochseitisierter Rötidolomit den eigentlichen Lochseitenkalk ganz zu vertreten. Rötidolomit ist an der gelblich

Fig. 13 a. **Verkehrter Mittelschenkel der Glarnerdecke bei Wangs** (E-Seite der Decke).



angewitterten Oberfläche stets zu erkennen. Er braust mit Salzsäure sehr schwach. Der eigentliche Lochseitenkalk bleibt auch aussen immer hell-bläulich. Manchmal aber ist alles in dieser Schicht so „ausgewalzt", ineinander gequetscht, zertrümmert und dann wieder verschmolzen, dass irgendwelche Trennung oft absolut nicht möglich ist. Die Mächtigkeit ist in der Regel 0.5—6 m, nur ausnahmsweise sind im Osten des Gebietes auf der Gaffiaalp einige Schichtpakete des Lochseitenkalkes auf der Oberfläche geblieben, welche bis 20 m Mächtigkeit erreichen [1]).

Am Grüblibach bei Wangs konnte ich sehr schön erhaltenen Mittelschenkel der Glarnerdecke beobachten, wie es in der Fig. 13a

[1]) Ernst Blumer. Einige Notizen zum geol. Dufourblatt IX. Eclogae geol. Helv. V. X. pp. 210—11.

veranschaulicht ist. Es folgen von oben nach unten: Melsersandstein, Rötidolomit, Quartenschiefer und wahrscheinlich Doggerquarzite mit Opalinustonen[1]), also genau gleiche Schichten, welche wir oben im Gewölbeschenkel der Decke finden, nur dort ohne Dogger.

2. *Der Verrucano.*

Nur eine Schicht lässt sich im Verrucano der Decke petrographisch von der Umgebung gut abtrennen und auf grossen Distanzen verfolgen, nämlich der Quarzsandstein an der oberen Grenze des Verrucano gegen den Rötidolomit, also im Gewölbeschenkel der Glarnerdecke. Ähnliches, nur mehr metamorphosiertes und unregelmässig auftretendes Gestein können wir direkt über dem Lochseitenkalk, resp. lochseitisiertem Rötidolomit an der untersten Verrucano-Grenze, im Mittelschenkel der Decke beobachten. Hier besteht er gewöhnlich aus groben Quarzkörnern mit grünlichem Sericit als Bindemittel. Das Gestein selbst ist hier stark zerdrückt und geschiefert, die Grenze nach oben ist immer undeutlich, verwischt (tektonische Gründe: Mittelschenkel der Glarnerdecke), dagegen kann man den Verrucano-Quarzsandstein in dem Gewölbeschenkel der Decke, unter dem Rötidolomit vom roten, feinen Verrucano-Schiefer nach unten aufs schärfste unterscheiden. Er bildet dort überall eine Unterlage des Rötidolomites (Garmil, Gamidanerspitze, Vermialp, bei den „3 Kreuzen“), oder wo dieser fehlt, ist er als oberste Schicht im Verrucano geblieben (von den „3 Kreuzen“ nach Süden gegen die Gr. Hörner). Das ist derselbe Sandstein, der bei Mels besonders gut entwickelt ist (Steinbruch für Mühlsteine) und der von Ernst Blumer speziell als „Melser-Sandstein“ aufgeführt wird[2]).

Es scheint mir von Interesse. zu erwähnen, dass im Autochthonen bei Vättis zwischen gefalteten Gneissen und verrucano-ähnlichen Schiefern einerseits und dem Rötidolomit andererseits, konkordant zu dem letzten, auch petrographisch ganz ähnliche Quarzsandsteine auftreten. Auf Grund der ähnlichen Lage und petrographischen Zusammensetzung glaube ich, dass die besprochenen Quarzsandsteine im Autochthonen und in der Decke identisch und gleichalterig sind, das Alter selbst aber (Buntsandstein? Verrucano-Perm?) bleibt fraglich.

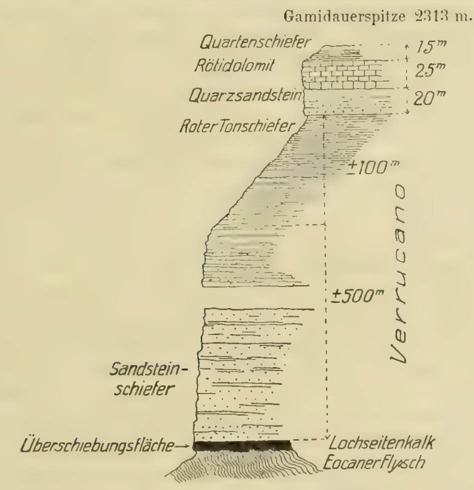
Aus obigen Beobachtungen geht hervor, dass wir den Verrucano-Quarzsandstein deutlich dreimal übereinander finden: 1. autochthon unter Rötidolomit, 2. als verkehrter Mittelschenkel in der Basis des Verrucano der Glarnerdecke über Lochseitenkalk, 3. im Gewölbe-

[1]) Vergl. E. Blumer. L. c. pag. 211.
[2]) E. Blumer. Loc. cit. p. 206.

schenkel der Glarnerdecke oben im Verrucano. Im Verrucano der Glarnerdecke ist also deutlich die schon von Escher gesuchte Doppellagerung entsprechend dem Bau als liegende Falte ausgesprochen.

Die ganze mittlere, erstaunlich mächtige Verrucanomasse stellt kein einheitliches Gebilde dar. Zerdrückte Konglomerate, Sandstein-Schiefer, rote Tonschiefer gehen oft ineinander über, so dass von einer Trennung der einzelnen Schichten keine Rede sein kann. Alles

Fig. 14. **Das Verrucanoprofil auf Gamidaueralp.**



ist äusserst veränderlich, Regellosigkeit scheint hier zur Regel geworden zu sein. In vielen Fällen ist die Schichtung von der Transversalschieferung nicht zu unterscheiden.

Nur wenn wir den Verrucano der Decke regional studieren, wird es möglich, sich wenigstens einigermassen zu orientieren. Südlich in den Grauen Hörnern sind Sandstein-Schiefer und Konglomerate (die letzten besonders bei Wild-Schottensee) vorherrschend; in den unteren Regionen der Decke kommen Sandstein-Schiefer, in den oberen (unter dem Quarzsandstein) roter Schiefer am meisten zum Vorschein (Fig. 14).

Rötliche Farbentöne dominieren im allgemeinen. Nur im Süden, im Gebiete der eigentlichen Grauen Hörner, findet man mehr den grünen Verrucano vertreten.

Die Mächtigkeit nimmt von den Grauen Hörnern gegen Norden zu und erreicht über 600 m.

3. *Rötidolomit-Quartenschiefer.*

Der Verrucano der Glarnerdecke erscheint in unserem Gebiete ganz in den Rötidolomit eingehüllt: unten in dem verkehrten und reduzierten Mittelschenkel finden wir meist lochseitisierte, kleine, linsenförmige Dolomitpartien, aber im Gewölbeschenkel sind noch viel mächtigere Rötidolomitschichten in normaler Lage geblieben. Er erreicht dort bis 20 m Mächtigkeit, und in seinen unteren Abteilungen führt er oft Rauchwacke (Gamidanerspitze). Der Rötidolomit ist auf der Alp Ochsensäss geblieben, von dort zieht er gegen Garmil, dann sehen wir ihn auf der ob. Vermialp, auf der Gamidanerspitze und bei den „3 Kreuzen" in der Form von einzelnen Fetzen.

Die oberste Schicht der Glarnerdecke ist hier durch den Quartenschiefer repräsentiert, welcher als weicher tiefroter Mergelschiefer mit Quarzsandstein oben (manchmal ca. 15 m zusammen) unmittelbar auf dem Rötidolomit liegt.

Die Tektonik der oberen Schichten der Decke unterscheidet sich wesentlich von der Tektonik der unteren. An der Basis haben wir einen ruhigen gleichmässigen Verlauf der Schichten (Fig. 16), dagegen sind die obersten Abteilungen von kleinen zahlreichen Fältelungen mitergriffen, welche manchmal bedeutende Erhebungen im Terrain (Gamidanerspitze 2313 m) verursachen. Hier haben wir es mit der in den Alpen so verbreiteten Erscheinung der sekundären Falten zu tun.

Jetzt betrachten wir die abgetrennten Teile der Glarnerdecke, welche östlich von den Grauen Hörnern noch auf dem Flysch aufliegen.

Im Dorfe Wangs sehen wir einen Hügel (Kirchenhügel), der aus grünlichen rostigen Sandsteinen mit Kalksteinlinsen aufgebaut ist. In meinem ganzen Untersuchungsgebiete habe ich keine identischen Sedimente getroffen, aber Herr Prorektor J. Oberholzer teilte mir in freundlichster Weise mit, dass diese Gesteine mit den liasischen der Spitzmeilengruppe im Glarnerlande zu vergleichen sind. Die Glarnerdecke wäre hier also nur durch den Lias vertreten, was in der Nähe der mächtigen Verrucanomassen sehr merkwürdig erscheint.

Auf der Alp Gaffia liegen zerstreute Lochseitenkalklappen, noch weiter bei Viltersersee beobachtet man eine sehr grosse Zahl von Seewerkalkfetzen, welche meistens in den Flysch eingeklemmt und oft mit ihm innig verwachsen sind (in die Tiefe aber gehen sie nicht

hinein). Diese Erscheinung kann man bis zu der Alp Krinnen bei Ragaz verfolgen, wo sie viel grössere Dimensionen annimmt und viel deutlicher wird. Eine Fläche von ungefähr 2 km² ist dort von den bis 50 m mächtigen zusammenhängenden Seewerkalkmassen mit Malm und Rötidolomit bedeckt. Auch Valangienkalk konnte ich bestimmen. Manche Partieen sind hier so zerdrückt und metamorphosiert, dass wir neben dem schwarzen Quintnerkalk auch typischen Lochseitenkalk und weissen grobkörnigen kristallinischen Marmor vor uns haben. Auf der Alp Ratige bei der Taminaschlucht ist wahrscheinlich Gault auf dem Seewerkalk vorhanden. Etwas höher auf der Alp Pardiel liegt auch Dolomit („weisse Steine") mit dem Lochseitenkalk.

Die meistens verkehrte Lage der Schichten, ein deutlicher Zusammenhang mit der Glarnerdecke, sehr starke dynamische Erscheinungen erlauben uns zu schliessen, dass dieses tektonische Fragment eine östliche Fortsetzung des hier relativ vollständigen Mittelschenkels der Glarnerdecke darstellt. Dieser Mittelschenkel lässt sich noch weiter verfolgen, nämlich bei Mastrils (Nussloch) auf der Calandaseite findet man ungefähr das gleiche: Seewerkalk, Malm, Lochseitenkalk und Rötidolomit. Es sind auch andere Gesteine vorhanden, aber nur die vier kann man sicher erkennen. Diese Schichten steigen von Mastrils gegen Piz Alun (entsprechend dem allgemeinen Verlaufe des Mittelschenkels) hinauf und auf dem Piz Alun finden wir noch zwei grosse in Flysch eingeklemmte Seewerkalkklötze, welche von unten (vom Rheintale) morphologisch sehr deutlich von der Unterlage abstechen.

Auf der Alp Krinnen-Pardiel unter den beschriebenen Schichten liegt noch hie und da eine Kalksteinbank mit Nummuliten und Lithothamnien wie bei Ragaz. Der Nummulitenkalkstein ist manchmal ganz „lochseitisiert". Man kann diese Schicht nach unten gegen die Taminaschlucht verfolgen, wo die bekannten Ragazer Nummuliten liegen. Daraus folgt, dass in dieser Gegend wahrscheinlich auch Eocän an dem Mittelschenkel der Glarnerdecke teilnimmt und die Ragazer Marmore verkehrte Lage haben.[1])

In ungefähr 2 km Entfernung vom Älpli in der NE-Richtung dominiert über die ganze Umgebung die grossartige, regelmässige aus dem Flysch herausmodellierte Pyramide von Monte Luna und dort auf dem Gipfel finden wir noch einen Streifen des in Wildflysch eingewickelten Seewerkalkes. Ich betrachte ihn als ein Stück des Mittelschenkels der Glarnerdecke, das abgerissen und etwas im Flysch eingewickelt und verschleppt ist.

[1]) Vergl. J. Boussac. Distribution des niveaux et des facies dans le Nummulitique dit autochthone de la suisse orientale. C. R. de l'acad. des sc. 1910.

3. Die Tektonik des Eocäns.

Die eocäne Tektonik überrascht uns beim ersten Anblick mit grossen Rätseln. Mangel an sicheren gut abgegrenzten stratigraphischen Horizonten, ein Wirrwarr von zahllosen kleinen Fältelungen, Transversalschieferung erlauben uns, lange Zeit keinen Überblick über die Gesamtheit der tektonischen Erscheinungen zu gewinnen, besonders, wenn man seine Studien mitten in der Eocängegend beginnt. Erst nachdem man die Stratigraphie des Eocäns im allgemeinen beherrscht, nachdem man so viel Übung hat, dass die kleinen tektonischen Erscheinungen nicht im stande sind, uns die grossen zu verdecken, wird es möglich, zu gewissen bestimmten Resultaten zu gelangen.

In diesem Kapitel möchte ich zuerst das allgemeine tektonische Bild besprechen, welches die von mir entworfene geologische Karte des Gebietes in bezug auf die Flyschtektonik darstellt und nachher zu einigen Detailkomplikationen übergehen.

Im grossen und ganzen genommen kommt fast überall in den tieferen Regionen des Gebietes der untere Flyschschiefer, der eigentliche Flysch zum Vorschein; so haben wir unten im Weisstannentale Dachschiefer, im Calfeusertale liegt über der autochthonen Kreide Nummuliten-Grünsand mit Globigerinenschiefer und Dachschiefer, welcher Taveyannazsandsteinbänke enthält, im Walenseetale bei Vilters und der Seebachschlucht entlang finden wir Flyschschiefer mit Taveyannazsandstein, und so ist es auch in den tiefen Schluchten des Vaplonabaches, welcher von den Grauen Hörnern nach Osten gegen Tamina fliesst. Daraus kann man schliessen, dass diese untersten Flyschschichten in direkter Verbindung miteinander stehen, nur der Flysch bei Ragaz scheint von dieser Regel eine Ausnahme zu bilden, aber dort gehört er teilweise zum Mittelschenkel der Glarnerdecke und ist wahrscheinlich überschoben.

Alle oberen Regionen in dieser Formation sind vom Wildflysch eingenommen, der besonders im Süden und Süd-Osten des Gebietes durch die exotischen Blöcke und polygenen Konglomerate gut charakterisiert ist. In der nördlichen Richtung gegen das Weisstannental kommen auf dem entsprechenden Niveau sehr mächtige Glimmersandsteine zum Vorschein, von denen ich nicht ganz überzeugt bin, ob sie dem wirklichen Wildflysch zuzurechnen sind.

Selbstverständlich verlaufen am N-Rande des Tamina-Calfeusertales die unteren eocänen Schichten konkordant den übrigen autochthonen Sedimenten (Kreide, Jura etc.); zusammen mit jenen bilden sie hier ein gegen Norden überliegendes Gewölbe (vergl. p. 365–366), und nur in dieser Gegend aus unserem ganzen Arbeitsgebiete haben

wir direkte Beweise, dass jedenfalls ein Teil des unteren Flysches autochthon ist. Vom gegenüberliegenden Taminatalrande, nämlich von Vadura und Pfäfers kann man sehen, dass der untere Flysch mit Taveyannazsandstein noch weiter nördlich zwei grosse Biegungen mit Knie gegen Norden gerichtet bildet: die eine bei Vasön, rechts vom Mühletobel, die andere links vom Zanuztobel. Diese Schichten tauchen nachher in die Tiefe. Der Flysch im Weisstannentale hat eine relativ ruhige und harmonische Lage. Die Schichten kann man dort auf grosser Strecke verfolgen, sie fallen immer leicht gegen S oder SE (unbedeutende gewölbeartige Biegungen ausgenommen). Die Tektonik dieser Gegend ist im grossen Profil Fig. 16 skizziert. In diesem Profil sehen wir, dass der unterste Flysch im Weisstannentale eine vermutliche Fortsetzung der identischen autochthonen Schichten im Calfeusertale bildet. Die Blattengratschichten, welche im Weisstannentale auftreten, sind im Autochthonen nicht nachgewiesen. Ich habe viele Beweise, dass im Wildflysch sehr ausgedehnte tektonische Bewegungen stattgefunden haben, aber die Frage, ob der ganze Wildflysch überschoben ist, lässt sich damit nicht entscheiden. Andererseits liefert die oberste Lage des Wildflysches und die Tatsache, dass er von der Drachenüberschiebung mitergriffen ist, auch noch keinen definitiven Beweis in entgegengesetztem Sinne. Diese Bemerkungen halte ich vorauszuschicken notwendig, damit dem Profil 16 keine unrichtige oder zu weitgehende Interpretation gegeben werde.

Die obere Abteilung des Flysches (also hauptsächlich Wildflyschregionen) im ganzen Gebiete und der gesamte Flysch in NE-Ecke des Terrains gegen Ragaz sind tektonisch unglaublich kompliziert. In dem Tamina-Calfeusertale sind die oberen Flyschschichten von der Drachenüberschiebung stark in Anspruch genommen. Man kann dort (besonders im Tersolbachtale) eine grosse sich gegen Norden öffnende Mulde feststellen, welche zu dieser Überschiebung offenbar in engster Beziehung steht. In der Mulde und weiter nördlich gegen die Grauen Hörner verhalten sich die einzelnen Schichtpakete wie kleine übereinanderliegende Überschiebungsfalten mit nach Norden gerichteter Gewölbestirn oder, noch einfacher wie aufeinanderliegende Schuppen[1]) (Fig. 16). Es herrscht in grösserer Entfernung von dieser Mulde, besonders gegen Weisstannental unter den Grauen Hörnern statt Schuppenstruktur eher „Linsenstruktur". Einzelne Schichten sind in Linsen verschiedener Grösse aufgelöst, welche oft in

N S

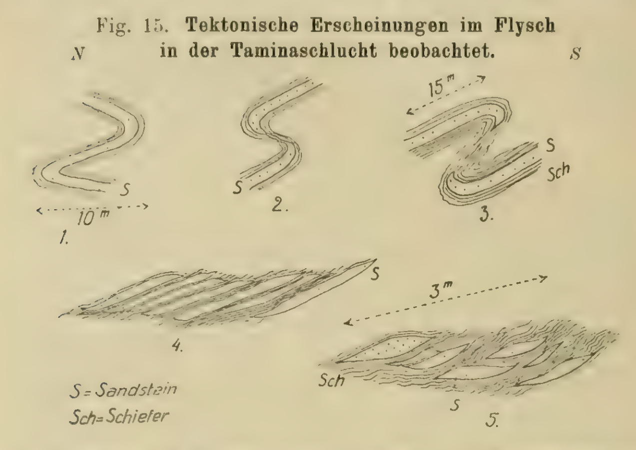
Fig. 14a.

[1]) Diese tektonischen Erscheinungen im Eocän unter der Glarnerdecke haben gewisse Ähnlichkeit mit denjenigen, welche wir in den Zentralmassiven unter den Sedimenten finden. Vergl. Albert Heim Mechanismus. Bd. II p. 179.

ihrer Anordnung folgendes Schema erkennen lassen (Fig. 14 a). Dazu sind noch zahlreiche Biegungen vorhanden, aber in dieser Gegend doch mit ziemlich konstanten Streichen. Es ist unmöglich, diese Komplikationen im Verlaufe der Schichten auf der Karte wiederzugeben.

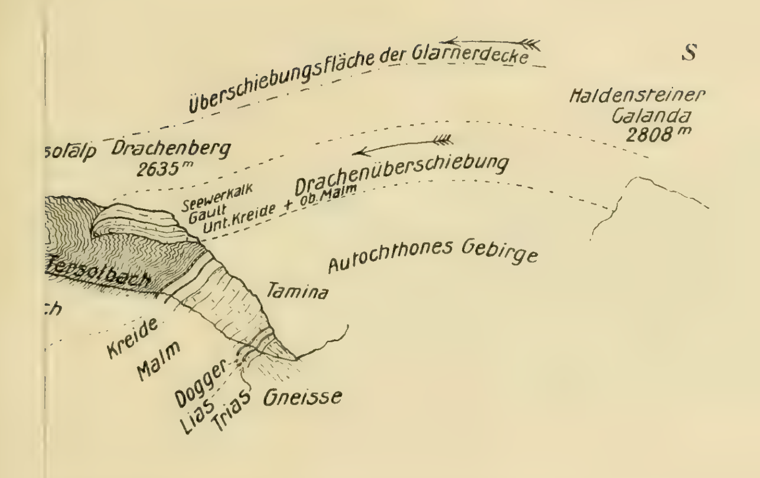
Einige sonderbare Erscheinungen sprechen von den grossen Bewegungen im Flysch. Im Calfeusertale z. B. finden wir bei der Brennhütte, also weit von der autochthonen Kreide entfernt, bedeutende Seewerkalkmassen [1]) (mit sehr zahlreichen Foraminiferen) im Flysch; auf der Ringelseite liegt darüber Wildflysch mehrere hundert Meter mächtig. Man kann diese fremdartige Einlagerung im Flysch

Fig. 15. **Tektonische Erscheinungen im Flysch in der Taminaschlucht beobachtet.**

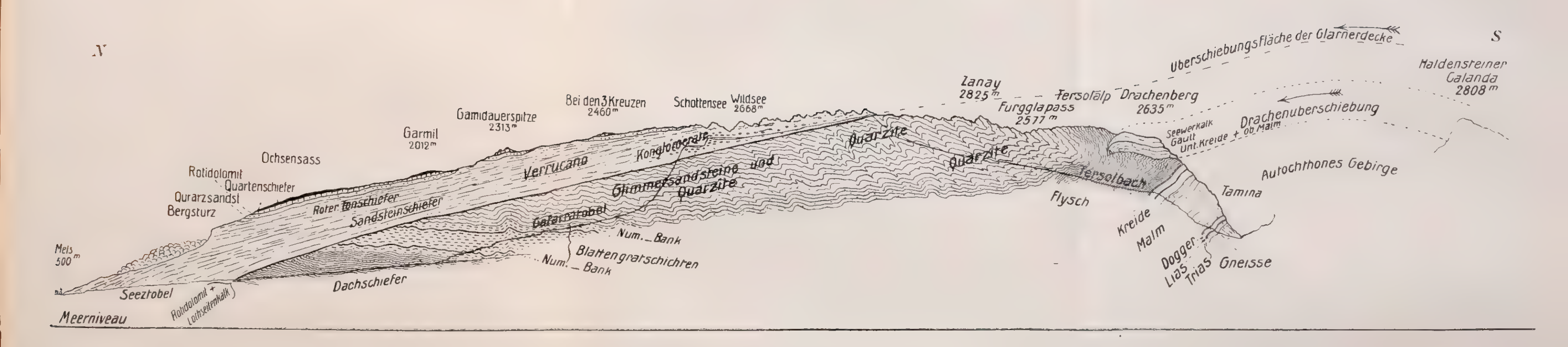


als einen von dem Mittelschenkel der Glarner-, oder vielleicht noch tieferen Decken abgerissenen vollständig in Flysch eingewickelten und fortgeschleppten Lappen betrachten. Aber der Wildflysch greift von der Ringel- auf die gegenüberliegende Calfeusertalseite über; er ist also hier, zum Teil wenigstens, sicher überschoben. Oben im Wildflysch z. B. bei Vilterserseeli findet man Foraminiferenschiefer, welche wohl als mitergriffene bei der Bewegung der Wildflyschschuppen übereinander geschobene Pakete aufzufassen sind. Auf der Zinerspitze (2510 m) östlich vom Heidelpass, liegt auf dem Wildflysch ein Fetzen des weichen, weisslich angewitterten Foraminiferenschiefers (Fig. 12) (Seewerschiefer?). Die weissgraue Zinerspitze sticht am

[1]) Ähnliche Seewerkalksteine im Flysch habe ich zuerst auf einer Exkursion in diesem Sommer mit Herrn Prorektor J. Oberholzer und Dr. Arnold Heim im Untersuchungsgebiete von Herrn Oberholzer stratigraphisch kennen gelernt.


S
Überschiebungsfläche der Glarnerdecke
Haldensteiner
Calanda
2808 m
Drachenberg
2635 m
Drachenüberschiebung
Seewerkalk
Gault
Unt. Kreide + ob. Malm
Autochthones Gebirge
Tamina
Kreide
Malm
Dogger
Lias
Trias
Gneisse

Graue Hörner.



Masstab 1:50,000; 1 cm = 500 m

Fig. 16.

schärfsten von der rötlich-gelblichen Quarzit-Umgebung ab. Seewerkalkeinlagerungen sind weiter in der Taminaschlucht zwischen Pfäfers-Ragaz beobachtet. In dieser Richtung, rechts von der Tamina vermehren sich die Dislokationserscheinungen bis zum äussersten. Schiefer, wildflyschähnliche Partieen, Nummuliten-Kalksteine, Nummuliten-Grünsand, Taveyannazsandsteine wiederholen sich in scheinbarer Regellosigkeit übereinander — wir gelangen hier zu unerhörten potenzierten tektonischen Störungen.

Wir wollen hier keine stratigraphischen Untersuchungen machen.

Einige nach der Natur gezeichnete tektonische Motive aus der Taminaschlucht im unteren Flysch (Fig. 15) geben uns eine nur sehr schwache Vorstellung von der Mannigfaltigkeit der Detailtektonik, welche dort zu sehen ist.

Als Zeugnis der ausserordentlich starken Bewegungen im Flysch gelten Dislokationskonglomerate, welche im Wildflysch besonders im Calfeusertale zu beobachten sind. Wenn wir uns die bezeichneten in den Fig. 15 $_{5}$ abgebildeten tektonischen Vorgänge noch einen Schritt weiter denken, gelangen wir zu Dislokationskonglomeraten.

Merkwürdigerweise finden wir neben den Partieen mit grössten Dislokationsstörungen ruhig liegende Schiefer. Das ist aber nur scheinbare Ruhe. Die tektonischen Prozesse waren hier ebenso stark wir in der Umgebung, aber die Wirkung der dislozierenden Kräfte äussert sich im Schiefer einfach als Transversalschieferung. [1])

4. Genetische Zusammenfassung der tektonischen Erscheinungen.

Versuchen wir jetzt, einzelne in den vorhergehenden Kapiteln beschriebene tektonische Tatsachen in ein Gesamtbild zu vereinigen.

Während meiner Studien im Terrain war es für mich immer klar, dass die grosse eocäne liegende Mulde (Fig. 16) in direkter genetischer Beziehung zu der Drachenüberschiebung steht, dass sie durch diese Überschiebung hervorgerufen ist. Nur die sonderbare Schuppen- und Linsenstruktur der Wildflyschschichten war lange Zeit rätselhaft. Warum haben wir gerade hier diesen eigentümlichen Bau der Gebirge? Nach der Überlegung verschiedener Möglichkeiten bin ich zu der Auffassung gekommen, dass diese Mulde, also auch die Drachenüberschiebung, welche sie verursacht hatte, sich unter der enormen Last der Glarner- und vielleicht noch höherer Decken bildete, oder mit anderen Worten:

[1]) Albert Heim. Mechanismus. Bd. 2, pag. 40.

die Kreideüberschiebungen sind entstanden, nachdem die Glarnerdecke schon oben vorhanden war.

Diese Ansicht erscheint uns als eine Konsequenz, welche wir aus der Tektonik des Wildflysch herausziehen müssen. Bei geringerer Belastung (ohne Glarnerdecke) hätten wir bloss eine Reihe von Fältelungen in den oberen eocänen Regionen. Aber man kann uns vielleicht einwenden, dass diese Fältelungen existierten und nur von der Glarnerdecke nachträglich einfach abgeschürft wurden. In diesem Falle hätten wir aber keinen Schuppenbau: eines schliesst das andere aus.

In der Flyschtektonik haben wir zahlreiche Beweise, dass hier eine innere Stauung ohne grosse Falten und ohne Möglichkeit zu weitem Ausweichen oft ungemein stark gewirkt hat.

Wenn wir die Lage der Drachenüberschiebung selbst näher betrachten, wird sie uns etwas sonderbar erscheinen. Auf einer sehr kleinen Strecke, z. B. von Brendlisberg (bei St. Martin, Calfeusertal) bis zu den Orgeln (Ringelseite) steigt sie um etwa 700 m an (Fig. 12). Im ganzen macht sie einen grossen Bogen, konkordant dem zentralmassivischen Gewölbe. Hier ist vor uns offenbar eine tektonische Erscheinung, welche von diesem Gewölbe an der Basis der autochthonen Sedimente abhängig ist. Der Bau der Drachenüberschiebung scheint sich uns am leichtesten zu erklären, wenn wir annehmen, dass sie gleichzeitig oder nach ihrer Bildung nochmals von dem auftauchenden tiefsten zentralmassivischen Gewölbe in die Höhe gehoben wurde. In der Frage der Aufstauung des autochthonen Zentralmassives kommen wir somit auf Grund unserer lokalen Verhältnisse zu gleichen Resultaten, welche schon früher ausgesprochen wurden [1]).

Wir stellen uns also die Bildung der tektonischen Vorgänge in folgender Reihe vor: Glarnerdecke — Drachenüberschiebung mit Begleiterscheinungen — Aufstauung des Zentralmassives. Damit ist nicht gesagt, dass diese drei tektonischen Vorgänge durch grosse Zeiträume voneinander getrennt sind. Dafür haben wir hier keine Beweise. Die Glarnerdecke und Drachenüberschiebung konnten sich z. B. gleichzeitig mit verschiedener Schnelligkeit bewegen. Nur eines, scheint mir, kann man auf Grund der eocänen Tektonik behaupten, dass die G l a r n e r f a l t e das G e b i e t d e r G r a u e n H ö r n e r s c h o n b e d e c k t e, b e v o r d i e D r a c h e n ü b e r s c h i e b u n g i n i h r e r e n d g ü l t i g e n F o r m e n t s t a n d e n w a r.

[1]) Alb. Heim. Compte-rendu de la 24 Reunion ann. de l. soc. geol. suisse. Eclogae geol. Helv. Vol. IX. 1906—1907. p. 43.

Jetzt ist auch einleuchtend, warum diejenigen Regionen der Glarnerdecke, welche von den Wurzelgebieten wahrscheinlich nicht ausserordentlich weit entfernt sind, so unnatürlich hoch liegen (auf dem Ringel bis 3000 m). Es ist bloss eine sekundäre Erscheinung. Die Hebung der Wurzelregionen und ihre spätere vollständige Abtragung ist eine Konsequenz der tiefsten Überschiebungen unter der Glarnerdecke und der letzten zentralmassivischen Stauungen.

Zur Gestaltung der Oberfläche.

1. Moränen und erratische Blöcke.

Im ganzen Gebiete finden wir zahlreiche Beweise für a) die Gletscher des Rheingebietes und b) lokale Vergletscherungen.

a) Die Moränen der Rheingletscher.

Hieher gehören:

α) Ganz gewaltige Grundmoränen im Taminatale[1]).

Man findet besonders zwischen Vasön-Valens prachtvolle Aufschlüsse von einer typischen lehmigen Grundmoräne mit geschrammten Rheingletschergeschieben. Es wurden hier die Gesteine des Vorderen- und des Hinteren Rheins gefunden, nämlich Puntaiglasgranite (Vorderrhein) und Taspinitgranite (Hinterrhein). Ich muss mich auf diese Tatsachen beschränken, da es noch an diesbezüglichen zusammenfassenden Beobachtungen für das ganze Taminatal fehlt.

β) Erratische Blöcke.

Im allgemeinen sind die erratischen Blöcke zerstreut in grossen Massen vorhanden. Selbstverständlich sind sie am zahlreichsten im Norden des Gebietes am S-Rande des Walenseetales. Unweit vom Dorfe Vilters liegen sie auf den anstehenden Taveyannazsandsteinen (ca. 950 m) oft in bedeutender Zahl angehäuft (einige bis 2—3 m³), aber merkwürdigerweise ohne jeder Spur von Moräne. Hier sind Puntaiglasgesteine reich vertreten. Noch höher auf der Vilterseralp (untere Säss) liegen ganz enorme Massen von verschiedenen kristallinen Gesteinen des Vorderrheines mit etwas Grundmoräne von gleicher Herkunft, soviel man nach ziemlich schlechten Aufschlüssen beurteilen kann. Gleich bei den Vilterserhütten findet man erratische Blöcke, also auf der Höhe von ca. 1300 m. Es ist das höchste Niveau, auf welchem ich im Gebiete der Grauen Hörner die Find-

[1]) Alb. Heim Beiträge. 25. pp. 469 -472.

linge getroffen habe. Die Blöcke erreichen hier manchmal bis zirka 30 m³ Grösse. Von hier gegen SE kann man eine ganze Zone mit überall zerstreuten kristallinen Gesteinen verfolgen. Wir sind am Rande des grössten Rheingletschers. Diese Erscheinung äussert sich im Terrain morphologisch in keiner besonderen Weise.

Ausserdem wurden noch Puntaiglasgranite im Weisstannental [1]) und im Taminatal bei Valens, Pfäfers, Mapragg etc. angetroffen.

b) Die Moränen der lokalen Gletscher

sind im ganzen Gebiete sehr zahlreich. Nach der Verbreitung der Grundmoränen, nach der Richtung der Wall- und Stirnmoränen kann man schliessen, dass von den Grauen Hörnern fast nach allen Himmelsrichtungen grosse Eisströme hinabflossen. Es kommen noch dazu die Moränen des Calfeusertales vom Sardonagletscher und diejenige im Weisstannentale, wo die Gletscher von verschiedenen Gegenden zusammentrafen.

Überblicken wir jetzt die verschiedenen lokalen Glacialerscheinungen nach ihrer Lage.

α) Tamina-Calfeusertal.

In der Nähe des Elektrizitätswerkes Mapragg (Taminabrücke Vasön-Vättis) und weiter 1½ km talaufwärts liegen Reste von Grundmoränen der lokalen Gletscher.

Im Calfeusertale von Vättis bis St. Martin sind auf beiden Seiten zahlreiche Grundmoränenreste, hauptsächlich des Sardonagletschers, stehen geblieben. Auf der linken Seite des äusserst schmalen Taminatales sind verschiedene Vertiefungen mit lokalen Moränen ausgekleistert. Bei St. Martin hinter dem Felsenvorsprung „Ancapan“ liegen mächtige Grundmoränen mit prachtvoll geschrammten (z. T. polierten) Geschieben.

β) S-Abhang der Grauen Hörner und der Wasserscheide Calfeuser-Weisstannental.

Hier haben wir mit den hoch liegenden Moränen zu tun. Es lassen sich Grundmoränen, Wall- oder Seitenmoränen und Stirnmoränen unterscheiden. Sie sind alle auf der Karte bezeichnet, und dort kann man sie sehr deutlich verfolgen. Ich verweise hier nur auf die grössten: auf der Alp Calvina liegen erstaunlich mächtige lokale Grundmoränen, ähnliche bei Tellerbach zwischen Eggalp-Brendlisberg. Wallmoränen sind auf der Tersol- und Eggalp gut entwickelt, und schliesslich sehr deutliche Stirnmoränen finden wir in der Nähe vom Heidelpass bei „Plattenseeli“, auf der Brendlisberg-

[1]) Ernst Blumer. Loc. cit. p. 211.

alp bei „Roter Platte“ (2430 m) und auf der Tersolalp bei „Crisp“ (2410 m). Die zwei letzten sind so frisch, so gut erhalten, dass wir den unmittelbaren Eindruck bekommen, als hätten wir den Gletscher auf seinen letzten Rückzugsstadien ertappt.

γ) West-Seite der Grauen Hörner.

Hieher gehören die Wall- und Stirnmoränen der ob. Levtinaalp, die Grundmoräne auf der Gafarraalp bei Bühlhütten, im Gafarratal bei „Im Loch“ und etwas verschwemmte Moräne bei der Mündung des Gafarratobels in den Seezfluss (Weisstannental), weiter sehr mächtige Grund- und z. T. Wall- und Stirnmoränen der unt. Gamidaner-Prechtalp. Bei der Strasse Mels-Weisstannen (Langwies) liegen auf grosser Strecke Grundmoränen. Hoch oben findet man noch Stirnmoränen auf der Alp Vermi (1550 m), bei Schottensee, Schwarzsee und endlich rezente Moränen des Piz-Solgletschers.

δ) E-Seite der Glarnerdecke.

Auf Gaffiaalp liegt eine sehr ausgedehnte Wall- oder Seitenmoräne, dann nach unten gegen Wangs und Mels finden wir zahlreiche Grundmoränen der lokalen Gletscher. Im Seebachtobel (vom Viltersdorfe hinauf) sieht man Seiten- und Stirnmoränen, besonders zwischen Garschlu-Montniel. Talaufwärts (bei ca. 900 m) war die enge Schlucht von einer schönen Stirnmoräne abgesperrt. (Die ganze Lokalität heisst aus diesem Grunde „Sattel“.) Dort, wo der Seebach sich gegen Wangser- und Vilterserseeli verzweigt, liegt eine ganz gewaltige Seitenmoräne, hauptsächlich aus eocänen Quarziten und Glimmersandsteinen zusammengesetzt.

Rundhöcker beobachtet man an den folgenden Lokalitäten: auf den Grauen Hörnern bei Wildsee, bei Schottensee und bei Schwarzsee auf Verrucano-Felsen; bei Heidelpass auf den eocänen Quarziten z. T. verwittert; beim Dorfe Vasön im Taminatale auf dem Assilinengrünsand, endlich am Malmkalk von St. Peters[1]).

2. Bergseen

findet man in verschiedenen Typen. Wir unterscheiden hier: Moränenstauseen, Schuttseen, Karren- und Gletscherseen.

Moränenstauseen. a) Rezente Seen. Südlich von den Grauen Hörnern liegen zwei kleine Seeli: „bei Roter Platte“ und Plattenseeli bei Heidelpass. Beide sind von kleinen Stirnmoränen umgeben. b) Fossile Seen. Auf der unt. Gamidaneralp (Weiss-

[1]) Alb. Heim. Loc. cit. p. 471.

tannentalseite) finden wir einen vertorften fossilen See, welcher von einer grossen Moräne gestaut war. Nachdem der Prechtbach die Stirnmoräne durchsägt hatte, entleerte sich der See und unterlag der Verlandung durch Moorbildung. Ähnliche Verhältnisse treffen wir auf der unt. Vermialp, nur haben wir statt Vertorfung hier eine Versandung des alten Sees.

Schuttseen. Schwarzsee stellt unserer Ansicht nach diesen Typus dar. Die alte Abflussrinne, welche an den hohen, steilen Verrucanofelsen verlief, war durch den Gehängeschutt abgedämmt, und es war in solcher Weise die Veranlassung zur Seebildung gegeben.

Mit der Bildung des Wildsees ist auch eine andere Frage — die Entstehung des rätselhaften Kessels mitten in den Grauen Hörnern verbunden. Ich stelle mir vor, dass dieser Kessel durch eine kombinierte Rückwärtserosion zweier Flüsse — Vaplonabach und Gafarratobel — gebildet wurde. In welchem Grade die endgültigen Formen des Kessels auch vom Gletscher beeinflusst waren (Gletscherschrammen und Rundhöcker bei Wildsee), lässt sich nicht beurteilen. Wir haben hier also in einer Erscheinung die Resultate verschiedener Agentien.

An der N-Seite des Wildsees, ca. 100 m tiefer, liegt, zu dem gleichen Abflussysteme gehörend, der Schottensee. Er ist sehr unbedeutend, seicht, ganz von den prachtvollen Rundhöckern umgeben und macht den Eindruck eines Sees, bei dessen Entstehung auch die Gletscher teilgenommen haben.

Die Entstehung des Baschalvasees ist nicht ganz verständlich. Man denkt an das Karrenphänomen. Hieher gehören auch Vilterserseeli und Wangserseeli. Wangserseeli ist besonders ein klares Beispiel der ungleichförmigen Verwitterung in den Gesteinen verschiedener Resistenzfähigkeit.

3. Bergstürze.

Nur ein Bergsturz von bedeutender Grösse ist vorhanden, d. i. der Bergsturz bei Mels im Verrucano[1]. Er nimmt ungefähr 1 km² Fläche ein und ist ganz vom Walde bedeckt. Südlich ist er von senkrechten Verrucano-Wänden abgegrenzt. Die Richtung dieser Wände bezeichnet die Bruchlinien des Abrissgebietes (Fig. 16).

Ausserdem sieht man noch einige kleine Bergstürze auf der Alp Calvina, bei Baschalvasee, bei Gamidaner etc.

---

[1] Ernst Blumer. Loc. cit. p. 211.

Diese meine ersten mehr oder weniger selbständigen Versuche auf dem Gebiete der geologischen Wissenschaft wurden ständig von meinem hochverehrten Lehrer Prof. Albert Heim mit regem Interesse verfolgt und unterstützt. Dafür danke ich ihm herzlich an dieser Stelle, in Erinnerung an unsere vielen gemeinsamen geologischen Exkursionen, wo ich die Wunder der hohen Alpenwelt kennen und verstehen lernte.

Zitierte Literatur.

Arbenz P. und Staub, W: Die Wurzelregionen der Helvetischen Decken. Vierteljahrsschr. der Naturforsch. Gesellsch. Jahrg. 55. 1910.

Arbenz, P.: Zur Geologie des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen. Eclogae geologicae Helvetiae. Vol. IX.

Arbenz, P.: Zur Kenntnis der Bohnerzformation in den Schweizeralpen. Mitteilungen der schweiz. geol. Kommission. I. Jahrg. 1909.

Baumberger, E., Heim, Arnold und Buxtorf, A.: Valangien-Hauterivien-grenze. Abh. d. schweiz. pal. Ges. Bd. XXXIV. 1907.

Bayle: Explic. carte geol France.

Blumer, Ernst: Einige Notizen zum geologischen Dufourblatt IX in der Gegend des Weisstannentales. Eclogae geol. Helvetiae. Vol. X.

Benecke: Beitrag zur Kenntnis des Jura in Deutsch-Lothringen. Abh. zur geol. spez. Karte v. Elsass-Lothr. Bd. V. 1898.

Bertrand, Marcel: Memoire sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur la role des déplacements horizontaux. Paris. 1908.

Buckman: Inferior oolite Ammonites. Palaeonth. society. London. 1891.

Boussac, J.: Comptes rendus des séances de l'Ac. des sc. Paris. 1910.

Dumortier: Etudes paléont. sur les dépots jur. du bassin du Rhone. 1874.

Escher, Arn. v. d. Linth: Tagebücher.

Grubenmann, U.: Die kristallinen Schiefer. II. Berlin. 1907.

Heim, Albert: Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. 2 Bd. Basel. 1878.

Heim, Albert: Geologie der Hochgebirge zwischen Reuss und Rhein. Beiträge zur geol. Karte d. Schw. Lief. 25. 1891.

Heim, Albert: Das Säntisgebirge. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. XVI. 1905.

Heim, Albert: Der Bau der Schweizeralpen. Neujahrsbl. d. Naturforsch. Ges. 1908.

Heim, Albert: Compte-rendu de la 24 Reunion ann. de la soc. geol. suisse. Eclogae geol. Helv. Vol. IX. 1906—1907.

Heim, Albert: Ein Profil am Südrand der Alpen. Vierteljahrsschr. der Naturf. Gesellsch. Zürich. 1906.

Heim, Arnold: Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizeralpen. Abh. d. schweiz. pal. Ges. Vol. XXXV.

Heim, Arnold: Über die Stratigraphie der autochthonen Kreide und des Eocäns am Kistenpass. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. N. F. Lief. 24. Bern. 1910.

Heim, Arnold: Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch. Eclogae geol. Helvetiae. Vol. IX. 1907.

Heim, Arnold: Zur Kenntnis der Glarner Überfaltungsdecke. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1905.

Heim, Arnold: Gliederung und Facies der Berrias-Valangien-Sedimente. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich. 1907.

Heim, Arnold und Böhm, J.: Neue Untersuchungen über die Senonbildungen der östlichen Schweizeralpen. Abh. d. schweiz. pal. Ges. Vol. XXXVI. 1909.

Heim, Arnold: Sur les Zones Paleont. et Lithol. du cretacique moyen dans les Alpes suisse. B. S. G. F. 4e série. t. IX. 1909.

Haug, E.: Les nappes de charriage des alpes calcaires septentrionales. B. S. G. F. t. 6. 1906.

Kaufmann, F. J.: Beiträge zur geolog. Karte d. Schweiz. Lief. 24. 1886.

Lapparent, A.: Traité de Géologie. 1906.

Lugeon, M.: Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. B. S. G. F. 1901.

Milch, L.: Beiträge zur Kenntnis des Verrucano. Leipzig. 1892—1896.

Orbigny, d': Paléontologie française t. I mit Atlas.

Piperoff: Geologie des Calanda. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. VII. 1897.

Quenstedt: Die Ammoniten des schwäbischen Jura. Bd. I mit Atlas. Stuttgart. 1885.

Rollier, L.: Formation jurassique des environs du Besançon, Actes de la Soc. d'emul. 1883.

Rothpletz, A.: Das geotekt. Problem der Glarner Alpen. 1898.

Sowerby: Mineral-Conchologie Grossbrittaniens. Deutsch. Solothurn. 1842.

Schmidt, C.: Anhang zu den Beiträgen zu der geol. Karte der Schweiz. Lief. 25.

Tobler: Die Sedimente am N-Rande des Aarmassives. Verh. d. naturforsch. Ges. Basel. Bd. 12. 1900.

Wright: Lias Ammonites of the British Islands. The palaeonth. society. London. 1882.

Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich.
(LI.)

Monographische Studien über Adoxa Moschatellina L.

Von

Karl Sturm.

Einleitung.

Eichinger und Lagerberg[3], die zuletzt Adoxa Moschatellina L. erforscht haben, bringen die Pflanze in nahe Beziehung zu Sambucus Ebulus L., hauptsächlich auf Grund embryologischer Untersuchung. Lagerberg hält sogar die Verwandtschaft für so nahe, dass er die Familie der Adoxaceae einziehen und die Pflanze zur Untergruppe Sambuceae der Caprifoliaceae stellen will. Es gilt deshalb, zu untersuchen, ob der morphologische und anatomische Vergleich zu demselben Resultat kommt wie der embryologische. Dieser Vergleich kann nur in beschränktem Umfange geführt werden, weil Adoxa als krautige Pflanze wenig hoch differenziert ist, es fehlt eine eigentliche Verholzung, es fehlt auch ein sekundäres Dickenwachstum. Sambucus dagegen differenziert sich trotz seiner krautigen Beschaffenheit sehr früh. Am wertvollsten ist deshalb noch der Vergleich der Keimlinge beider Pflanzen. Zweifelhaft ist es, ob man Adoxa auch mit den übrigen Caprifoliaceen vergleichen darf, denn diese Familie scheint nach dem übereinstimmenden Urteil der meisten Forscher heterogenen Ursprungs zu sein und hat auch wenig einheitliche Merkmale. Wenn deshalb im Folgenden auf gewisse Ähnlichkeiten mit Adoxa hingewiesen wird, so ist es nicht ausgeschlossen, dass es sich um Konvergenzerscheinungen handelt.

Der Keimling.

Über die Morphologie und Biologie des Keimlings von Adoxa sind wir durch Wydler[1], A. Braun und besonders Lagerberg[1] unterrichtet, anatomisch ist er noch unbekannt. Über die Keimung von Sambucus Ebulus habe ich keine Literaturangaben gefunden.

Die Versuche im Botanischen Garten in Zürich haben gezeigt, dass Adoxa in bezug auf Keimung recht empfindlich ist. Zweijähriger,

gewaschener Same, der in einem verschlossenen Glase aufbewahrt und anatomisch nicht von frischem zu unterscheiden war, keimte nicht mehr. Ebenso war Same, der von Juni bis Februar offen im Zimmer gelegen hatte, keimungsunfähig. In beiden Fällen scheint die Trockenheit dem Keimling geschadet zu haben. Dagegen keimten Samen, welche den Darmkanal von Vögeln passiert hatten, gerade so gut wie andere. Am besten keimt der Same, wenn man ihn direkt aus der reifen Frucht in Humuserde bringt und diese nicht austrocknen lässt. Es entspricht dies auch den Verhältnissen am natürlichen Standort, wo die Samen auf den beschatteten, gleichmässig feuchten Humusboden fallen, durch Schleim festkleben und vom Herbstlaub bedeckt werden. Es wurden auch Versuche gemacht, die Samen mit und ohne Schale durch Narkotisieren zum früheren Keimen zu bringen, allein die Keimung wurde dadurch nicht beschleunigt.

Bei der Fruchtreife ist der Adoxakeimling noch sehr unentwickelt, während der Same etwa 2 mm lang ist, beträgt seine Länge nur $^1/_7$—$^1/_4$ davon. Er liegt senkrecht in der Längsrichtung des flachen, ovalen Samens, und zwar an der Spitze desselben, mit abwärts gerichteten Cotyledonen. Er macht keine Ruhezeit durch, sondern entwickelt sich bis zum Frühjahr, so dass er dann die ganze Länge des Samens ausfüllt.

Anders der Sambucuskeimling. Bei der Fruchtreife füllt er die ganze Länge des 2—3 mm langen Samens aus und macht bis zum Frühjahre eine Ruhezeit durch.

Ein ähnliches Verhalten wie bei Adoxa finden wir bei anderen Caprifoliaceae, z. B. Symphoricarpus, Viburnum und Alseuosmia, bei manchen Cornaceae, z. B. Aucuba, bei Araliaceae, Umbelliferen und vielen Rubiaceae.

Im keimreifen Stadium ist die Gestalt der Keimlinge von Adoxa und Sambucus etwas variabel, so dass ein genauer morphologischer Vergleich noch nicht von grossem Wert wäre, anatomisch sind beide noch zu wenig differenziert, um charakteristische Eigentümlichkeiten zu zeigen. Sie haben unter sich eine schwache Ähnlichkeit, die jedoch systematisch wertlos ist, weil sie sich auch auf viele andere Pflanzen erstreckt. Bei beiden beträgt die Länge der Cotyledonen ungefähr ein Drittel des Keimlings, wobei die Cotyledonen von Adoxa relativ breiter sind als die von Sambucus, das Hypocotyl ist walzenförmig bis keulig.

Die Keimung verläuft bei beiden Pflanzen in analoger Weise. Am oberen Ende des Steins befindet sich ein Loch, es ist die Stelle, wo die Samenanlage an der Placenta inseriert war und wo infolgedessen die Fruchtwand keine Schale bilden konnte. Wahrscheinlich

nimmt der Keimling durch dieses Loch Wasser auf, schwillt und kann nun die Schale sprengen, es geschieht dies so, dass die beiden flachen Hälften wie die Schalen einer lebenden Muschel wenig auseinander klaffen. In diesem Zustand erscheint der Keimling nutierend an der Oberfläche, das Hypocotyl ist an der Spitze abwärts gebogen und trägt die klaffende Schale mit den eingeschlossenen Cotyledonen. Wenn letztere das Endosperm aufgezehrt haben, vertrocknet die Schale und fällt ab. Diese Art der Keimung finden wir auch bei vielen anderen Pflanzen.

Wir wollen die Keimlinge nun vergleichen in dem Stadium, in dem die Cotyledonen ihre definitive Grösse erreicht haben. Fig. 1 und 2.

Im allgemeinen Habitus sind beide Pflanzen dann unähnlich.



Fig. 1. Fig. 2.

1. Keimling von Adoxa.
2. Keimling von Sambucus Ebulus.

Der Habitus des Keimlings von Adoxa wird bestimmt durch das meist kurze Hypocotyl, die langen Blattstiele und die breiten Cotyledonen, derjenige von Sambucus durch das längere Hypocotyl, die kurzen Blattstiele, die am Grunde einen Knoten bilden, und die schmäleren Cotyledonen. Im Ganzen macht Sambucus einen robusteren Eindruck.

Nach Lagerberg schwankt bei Adoxa die Länge des Hypocotyls zwischen 0,5—2,5 cm, die Blattstiele sind nach meinen Messungen 1,5—5 cm lang. Dabei scheinen Blattstiele und Hypocotyl in Korrelation zu stehen, denn wenn das Hypocotyl kurz ist, pflegen die Stiele lang zu sein und umgekehrt. Bei Sambucus finden wir konstantere Verhältnisse, durchschnittlich ist das Hypocotyl 2 cm lang. Der Blattstiel ist bedeutend kürzer. Die Dicke des Hypocotyls ist bei Adoxa geringer als bei Sambucus, dabei verjüngt sich das Erstere abwärts, während das Letztere gleichmässig walzenförmig in die Wurzel übergeht. Die Farbe des Hypocotyls ist bei beiden unten blass, oben ist Adoxa grünlich, Sambucus rötlich. Die Wurzel ist bei Adoxa deutlich vom Hypocotyl abgesetzt, weil ihr Anfang durch einen Knoten markiert ist. Dieser entsteht durch die quirlartige An-

ordnung der obersten Seitenwurzeln, weiter abwärts entspringen die Seitenwurzeln unregelmässig. Die Hauptwurzel ist länger, die Seitenwurzeln sind in diesem Alter zahlreicher als bei Sambucus. Auch die Wurzelhaare sind länger und zahlreicher. Bei beiden ist eine Wurzelhaube vorhanden, eine Mykorrhiza fehlt.

Die Cotyledonen sind bei beiden Pflanzen von wechselnder Grösse und Form, im Durchschnitt haben diejenigen von Sambucus eine längere und schmälere Spreite. Im allgemeinen können wir bei Adoxa die Form als elliptisch, bei Sambucus als lanzettlich bezeichnen. Beide sind an der Spitze schwach ausgerandet, in der Bucht springt der Mittelnerv als Wärzchen vor und bildet eine Hydathode. Die Farbe der Cotyledonen ist bei Adoxa olivenbraun oder grün, bei Sambucus grün mit manchmal rötlichem Schimmer am Rande, beide

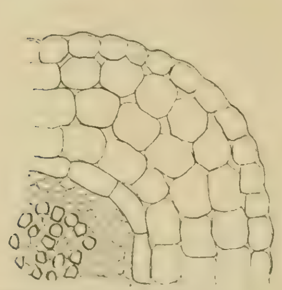


Fig. 9. Hypocotyl von Adoxa quer.

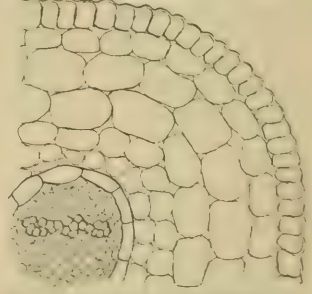


Fig. 10. Hypocotyl von Sambucus quer.

erscheinen matt. Sambucus ist auf der Oberseite leicht benetzbar, Adoxa jedoch nicht. Letzteres beruht nicht auf Ausscheidung fettartiger Substanzen, denn die Erscheinung bleibt auch nach Behandlung fettlösender Mittel, sondern ist wahrscheinlich bedingt durch die papillöse Beschaffenheit der Epidermis. Die Luft zwischen den Papillen verhindert das Eindringen von Wasser, wie das Stahl aus dem tropischen Regenwald nachgewiesen hat.

Soweit die Morphologie der regelmässigen Formen. Es sei noch hinzugefügt, dass die auf der inneren Seite flachen Cotyledonstiele von Adoxa häufig miteinander verwachsen sind, die Verwachsung kann sich sogar auf die Cotyledonspreiten erstrecken, selbst monocotyle Formen kommen vor. Bei Sambucus habe ich diese Unregelmässigkeiten nicht beobachtet.

Betrachten wir uns jetzt die Anatomie der Keimlinge nach den Querschnitten in Figur 9 und 10. Die Epidermis besteht bei beiden

aus in der Längsrichtung der Achse gestreckten Zellen, die bei Sambucus höher und schmäler sind als bei Adoxa. Die Aussenseite zeigt eine schwach verdickte Cuticula. Epidermale Aussengebilde wie Haare etc. fehlen, nur Spaltöffnungen finden sich zuweilen am oberen Hypocotyl, im Bau stimmen sie bei beiden Pflanzen überein. Unter der Epidermis folgt das Rindenparenchym, bei Adoxa aus etwa drei, bei Sambucus aus etwa sechs Schichten bestehend. Die Zellen sind isodiametrisch oder nur ganz schwach in der Längsrichtung gestreckt, bei Sambucus nehmen sie von aussen nach innen an Grösse ab. Grosse Interzellulare durchsetzen bei beiden Pflanzen dieses Gewebe. Bemerkenswert ist der Farbenunterschied dieser Gewebe. Sie sind zwar bei beiden Pflanzen grün durch Chlorophyll, bei Sambucus ist dazu noch die subepidermale Zellschicht intensiv rot durch einen im Zellsaft gelösten Farbstoff. Diese rote Schicht ist reich an Gerbstoff. Bei Adoxa ist die Rindenschicht gefüllt mit Leucoplasten und grosskörniger, meist bohnenförmiger Stärke, bei Sambucus habe ich Stärke nur in der Endodermis gefunden, sie besteht aus kleinen, runden, zusammengesetzten Körnern. Die Endodermis ist bei beiden Pflanzen ähnlich und gleicht dem verbreitetsten Dicotylentyp. Sie ist unverdickt und ihre Radialwände zeigen die Casparischen Punkte. Unter der Endodermis folgt der ringförmig angeordnete Leptomteil, im Zentrum das Hadrom. Bei Adoxa ist der Hadromteil kreisförmig und enthält noch einzelne Markzellen, bei Sambucus dagegen ist er plattenförmig. Die Platte liegt in der Ebene der beiden Cotyledonen und entsteht dadurch, dass die Leitbündel der Cotyledonen im Hypocotyl weit hinab laufen. Der Hadromteil beider Pflanzen besteht bei der Keimung nur aus Spiralgefässen, aber schon beim vollendeten Längenwachstum der Cotyledonen finden wir in beiden Hypocotylen Leitergefässe. Bei Sambucus sind schon in diesem Alter einzelne Leitergefässe weitlumiger als bei Adoxa, eine Erscheinung, die später noch weit stärker hervortritt. Im Hypocotyl von Adoxa habe ich zuweilen kleine Kristalle von Kalkoxalat gefunden, entweder einzeln oder zu sternförmigen Gebilden vereinigt.

Die Anatomie der Keimwurzel ist einfach. Bei Adoxa finden wir wieder ähnlich wie im Hypocotyl eine dünnere Rindenschicht als bei Sambucus, die schwach gefüllt ist mit grosskörniger Stärke, während das entsprechende Gewebe bei Sambucus leer ist. Der Hadromteil ist bei Adoxa mehr oder weniger zylindrisch, bei Sambucus plattenförmig.

Die Anatomie der Cotyledonen zeigt einige Ähnlichkeit zwischen beiden Pflanzen. Bei beiden sind die Cotyledonen kahl, sie haben bogenförmige Nervatur, die Hauptnerven laufen oben in einem ähn-

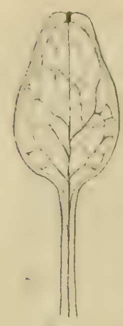

Fig. 3. Cotyledon von Sambucus Ebulus. (Sehr breites Exemplar.)


Fig. 4. Cotyledon von Adoxa.

lichen Bogen in der Spitze zusammen und bilden die Hydathode, Fig. 3 und 4. Die Gefässe endigen dort in einem Epithem, das in Verbindung steht mit etwa 5—10 bewegungslosen Spaltöffnungen auf der Oberseite des Cotyledons und zwar auf dem schon früher genannten Spitzenwärzchen. Die eigentlichen Spaltöffnungen liegen auf der Unterseite. Die Epidermiszellen beider Seiten zeigen stark undulierte Seitenwände. Im Querschnitt erkennt man wieder gewisse kleine Unterschiede. Das Blatt von Adoxa ist etwas dünner, durchschnittlich 200 μ dick, wobei je 50 μ auf die Epidermis der Ober- und Unterseite kommen, während die drei Schichten des lockeren Mesophylls zusammen 100 μ dick sind. Die oberen Epidermiszellen sind papillenförmig, die Armpalisaden ähnlich denen von Sambucus, das Schwammparenchym weniger gestreckt. Das Blatt von Sambucus ist etwa 250 μ dick, wovon auf die obere Epidermis 40, auf die untere 30 μ kommen. Das Mesophyll besteht hier aus 4—5 Schichten, die Zellen des Schwammparenchyms sind länger gestreckt, im übrigen aber ebenso locker als bei Adoxa. Die oberen Epidermiszellen sind hier nicht papillös ausgebildet. Im Ganzen genommen sind also alle Cotyledonzellen mit Ausnahme von den Armpalisaden bei Sambucus kleiner als bei Adoxa. Kristalleinschlüsse und Sekretzellen fehlen. Das Blatt von Sambucus ist reich, das von Adoxa sehr arm an Gerbstoff, letzteres hat daher unter den Angriffen der Schnecken zu leiden. Die Zellen am Blattrand von Sambucus enthalten einen roten Farbstoff.

Physiologie der Cotyledonen. Der anatomische Bau zeigt, dass die Cotyledonen beider Pflanzen zum Typus der Schattenblätter zu rechnen sind, es deuten darauf hin die dünne Spreite, das lockere Mesophyll, die Vergrösserung der Assimilationsfläche in Form von Armpalisaden und das Vorhandensein von Hydathoden. Adoxa ist in stärkerem Masse dem Schatten angepasst als Sambucus. Beide sind transversal heliotropisch und haben die Fähigkeit, bei wechselndem diffusem Licht die Blattstellung zu korrigieren. Bei Adoxa gehen die diesbezüglichen Bewegungen schneller, weil die papillösen Epidermiszellen in stärkerem Grade als Linsen wirken. Bei bedecktem Himmel kann man nach kühlen Nächten die Wasserausscheidung der Hydathoden

beobachten, sie ist bei Adoxa stärker als bei Sambucus. Die Lebensdauer der Cotyledonen beider Pflanzen ist sehr verschieden, bei Adoxa funktionieren sie den ganzen Sommer hindurch, länger sogar als die Blätter der erwachsenen Pflanze, bei Sambucus sind sie hinfällig, weil bald Primärblätter ihre Funktion übernehmen.

Mit der Entwicklung des Epicotyls wachsen die Unterschiede zwischen unseren beiden Pflanzen. Das Epicotyl von Adoxa ist ein Rhizom, dasjenige von Sambucus ein normaler Laubspross. Das junge Rhizom von Adoxa entwickelt gewöhnlich nur ein Laubblatt, oft aber auch nur Schuppen, und wendet sich direkt über den Cotyledonen in scharfem Winkel abwärts, senkrecht oder etwas schief sich in die Erde bohrend. Es ist dies ein seltener Fall im Pflanzenreich und mir nur noch von Paris quadrifolius bekannt. Als Kräfte, welche das Rhizom abwärts treiben, kommen Hydrotropismus, Heliotropismus und Geotropismus in Betracht, zur Entscheidung, welche dieser Kräfte die Ursache des abnormalen Wachstums ist, wurden verschiedene Versuche gemacht: Das Rhizom dringt abwärts in vollständig trockene Erde ein, während es in feuchtes Moos aufwärts nicht eindringen kann. Da der Versuch im Dunkeln gemacht wurde und also Heliotropismus ausgeschaltet war, so zeigt er, dass das Rhizom nicht hydrotropisch ist. Auch Heliotropismus kommt nicht in Betracht, das zeigen folgende beide Versuche: Durch schwarze Papierschirmchen wurde der Raum über dem Epicotyl verdunkelt, die Erde unter dem Epicotyl durch Spiegel beleuchtet, also gerade umgekehrte Lichtverhältnisse geschaffen als wie sie normal vorkommen. Trotzdem wuchs das Rhizom abwärts. Ferner wurde ein Topf mit Keimpflanzen umgekehrt aufgehängt. Die Rhizome wuchsen in der Richtung der Schwerkraft, selbst aus einem dunkeln in einen hellen Raum hinab. Das Wachstum des Rhizoms wird also durch Geotropismus bestimmt. Es ist nur zweifelhaft, ob der Geotropismus zeitlebens das ganze Rhizom beherrscht, denn wenn dieses 3—7 cm tief mehr oder weniger senkrecht in die Erde eingedrungen ist, ändert es seine Richtung und verläuft horizontal, um kurz vor Schluss der Vegetationsperiode nochmals die Richtung zu ändern, wieder aufwärts zu wachsen und eine Rhizomzwiebel zu bilden. Sollte allemal der Geotropismus das treibende Moment sein, so wäre das Rhizom in der Jugend positiv — im mittleren Alter horizontal — und im Alter negativ geotropisch, und da sich im folgenden Jahre die Erscheinung wiederholt, so zeigt das Rhizom ein wellenförmiges Wachstum. Das Keimrhizom verzweigt sich aus den Achseln der Schuppen.

Das junge Rhizom von Adoxa ist also homolog dem jungen Laubspross von Sambucus und man dürfte bei naher Verwandtschaft

doch wenigstens einige gemeinsame Merkmale erwarten, was aber durchaus nicht der Fall ist. Aber selbst, wenn man die grossen Unterschiede durch Anpassung an das extreme Wachstum des Rhizoms erklären wollte, so müssten doch wenigstens die Primärblätter, die diesen Verhältnissen nicht unterworfen sind, ähnlich sein. Wir wollen deshalb diese jetzt genauer untersuchen, während wir die Rhizome beider Pflanzen später vergleichen wollen, Fig. 5 und 6.

Fig. 5. Primärblatt von Adoxa.

Morphologie. Das Primärblatt von Adoxa steht einzeln, bei Sambucus stehen die Primärblätter dekussiert zu den Cotyledonen. Das Blatt von Adoxa ist langgestielt, die Spreite gewöhnlich asymmetrisch, ganzrandig oder gelappt. Die Spitze ist wieder ausgerandet und besitzt eine Hydathode, ebenso die Spitzen der etwa vorhandenen Lappen. Der Rand des Blattes ist mit mikroskopisch feinen stumpfen Zähnchen besetzt, die einzellig sind und viele Cuticularleisten besitzen. Auf der Oberseite des Blattes, sowie auf der Innenseite des obern Blattstieles sitzen auf den Nerven Köpfchenhaare. Sonst sind Blatt und Stiel kahl. Das Sambucusblatt ist im Verhältnis zu Adoxa kurz gestielt, seine Spreite ist regelmässig gebaut und der Rand scharf und grob gezähnt, jeder Zahn trägt eine Hydathode. Kurze, einzellige Borsten bedecken die Unter- und besonders die Oberseite des Blattes. Köpfchenhaare sitzen zahlreich an der innern Basis des Blattstieles, weniger in der oberen Blattstielrinne, auf und besonders unter der Spreite. Der Bau dieser Köpfchenhaare unterscheidet sich wesentlich von denen von Adoxa, sie sind länger gestielt, indem der Stiel statt 3—5 oft bis 12 Zellen besitzt, auch das Köpfchen hat statt 4 meist 6—8 Zellen. Wenn man diese Köpfchenhaare untersuchen will, so darf man nur ganz junge Blätter wählen, oder solche, welche in einem feuchten Gewächshaus gestanden haben, an älteren Blättern und in trockener Luft fallen sie nämlich ab. Die Köpfchenhaare sind bei beiden Pflanzen reich an Gerbstoff, ebenso diejenigen aller Pflanzen, an denen ich diese verbreiteten Gebilde auch gefunden habe. Lagerberg fasst diese Köpfchenhaare als Wasserabsorptionsorgane auf, ich habe deshalb Versuche in dieser Richtung gemacht. Auf die lebenden



Fig. 6. Primärblatt von Sambucus Ebulus.

jungen Pflanzen wurde eine wässerige 1 ‰ Lösung von Methylenblau getropft. In zwei Stunden waren die Köpfchen blau gefärbt, sie hatten also tatsächlich Farbe angesaugt. Aber die Farbe drang nicht weiter vor, der Stiel blieb ungefärbt und so darf man annehmen, dass das Köpfchenhaar nicht befähigt ist, Wasser aufzunehmen und durch den Stiel an das Blatt abzugeben. Für diese Ansicht sprechen noch folgende Erwägungen. Zunächst saugen auch gewöhnliche Epidermiszellen Methylenblau an, ohne dass wir sie als Absorptionsorgane auffassen. Dann aber dürfte es unökonomisch sein, wenn eine Pflanze gleichzeitig und an gleichem Ort Organe für Aufnahme und Abgabe des Wassers hätte. Wir haben schon früher gesehen, dass sowohl Adoxa als auch Sambucus an den Blättern sehr wirksame Hydathoden haben, Absorptionsorgane an den Blättern sind deshalb überflüssig. Nach meiner Ansicht sind die Köpfchenhaare Schutzorgane gegen Schnecken. Es sprechen dafür folgende Beobachtungen:

1. Alle beobachteten Köpfchenhaare sind reich an Gerbstoff.
2. Sie stehen an besonders wichtigen und schutzbedürftigen Organen (Vegetationspunkt, junge Blätter und Blüten).
3. Wo Köpfchenhaare fehlen, da ist die Epidermis oft besonders reich an Gerbstoff.
4. Pflanzenorgane mit Köpfchenhaaren werden von Schnecken nicht gefressen.

Wir werden auf diesen Gegenstand noch zurückkommen, wenn wir die Rhizome und Laubblätter behandeln.

Anatomie. Die Ober- und Unterseite der Primärblätter beider Pflanzen besitzen eine Epidermis ähnlich wie die Cotyledonen. Die Stomata sind verteilt und gebaut wie dort, Palisaden- und Schwammparenchym weisen auch keine bemerkenswerten Unterschiede auf. Aber in der Nervatur bestehen grosse Differenzen zwischen den Primärblättern. Zwar ist dieselbe in der Spreite bei beiden bogennervig, allein bei Adoxa verschmelzen alle Leitbündel an der Blattbasis, so dass wir im Blattstiel nur ein Leitbündel finden. Es setzt sich unten direkt an die Leitbündel des Epicotyls an. Bei Sambucus dagegen laufen drei Bündel getrennt durch den Blattstiel, laufen weiter noch als getrennte Blattspurstränge am Epicotyl abwärts und vereinigen sich erst an der Basis desselben. Auch physiologisch unterscheiden sich die Primärblätter beider Pflanzen. Zwar sind sie ebenso wie ihre Cotyledonen und wie andere Schattenblätter transversal heliotropisch, aber graduell sehr verschieden. Während die Adoxablätter schon nach vier Stunden auf eine Lichtveränderung mit einer Bewegung antworten, dauert bei Sambucus diese Zeit 1—2 Tage. Wir haben schon bei der Anatomie der Cotyledonen erkannt, dass

der Grund dieser physiologischen Differenz in dem verschiedenen Bau der oberen Blattepidermis liegt, deren Zellen bei Adoxa, wie v. Guttenberg nachgewiesen hat, typische Lichtsinnesorgane sind und als Linsen funktionieren, während diejenigen von Sambucus mehr oder weniger flach sind und daher nur in beschränktem Umfange befähigt sein dürften, Lichtstrahlen zu sammeln.

Das Rhizom.

Untersuchungen über das Rhizom von Adoxa Moschatellina L. haben Wydler[1], Van Tieghem, Novak, Dauphiné, Eichinger, Senn und Lagerberg[1] angestellt.

Nach der Entstehung können wir die Rhizome von Adoxa in folgende Gruppen einteilen:

1. Primäres Hauptrhizom, entstanden aus dem Epicotyl des Keimlings.
2. Primäre Nebenrhizome, entstanden als Seitenorgane von 1.
3. Sekundäres Hauptrhizom, entstanden aus der Hauptachse der vorjährigen Rhizomzwiebel.
4. Sekundäre Nebenrhizome, entstanden als Seitenorgane von 3.



Fig. 11. Altes Rhizom von Adoxa im März.

Morphologisch, anatomisch und physiologisch verhalten sich jedoch diese vier Gruppen vollständig gleich. Fig. 11.

Morphologie. Der Habitus des Rhizoms ist recht variabel, je nachdem es von einer starken oder schwachen Pflanze stammt, in fruchtbarem oder sterilem, lockerem oder festem Boden wächst. Lagerberg hat Längen von 62 cm gemessen, in gut gedüngtem Gartenboden konnte ich noch grössere beobachten, das Durchschnittsmass dürfte etwa 30 cm betragen. Ähnlich so schwankt die Dicke von 1/2—4 mm. Das Rhizom wächst zuerst faden- oder walzenförmig und ist seitlich mit zwei Reihen entferntstehender, alternierender, schuppenförmiger Niederblätter besetzt nach 1/2 Divergenz. Die Entfernung der Schuppen voneinander hängt von der Länge des Rhizoms ab, bei langen Rhizomen ist die Entfernung grösser als bei kurzen; stehen z. B. die Schuppen zuerst etwa 10 cm auseinander, so rücken sie auf das Ende des Rhizoms zu dichter zusammen, die letzten decken sich

imbricat und schützen so den Vegetationspunkt des wachsenden Rhizoms, so dass er sich ohne Schaden durch die Erde bohren kann.

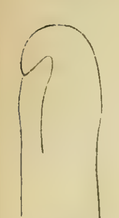


Fig. 7. Junges Rhizom von Adoxa. (Dorsalansicht.)



Fig. 8. Nr. 7 im horizontalen Längsschnitt.



Fig. 12. AdoxaRhizom quer an einer dünnen Stelle.

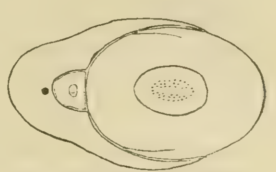


Fig. 13. Rhizomzwiebel von Adoxa quer.

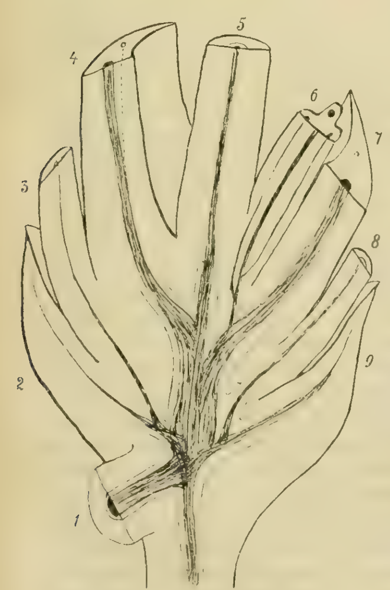


Fig. 14. Rhizomzwiebel von Adoxa längs: 1 Wurzel; 2 u. 9 Schuppen; 3 u. 8 Seitenrhizome; 4 u. 7 Grundständige Laubblätter; 5 Hauptrhizom; 6 Blütenstengel.

(Fig. 7 und 8.) Die Verzweigung des Rhizoms erfolgt aus den Achseln der Schuppen und liefert Sprossachsen erster bis dritter Ordnung. Mit vorrückender Vegetationszeit ändert sich der Habitus des Rhizoms, die Stellen, an denen die Schuppen sitzen, schwellen mit dem sich verdickenden Schuppen knotenförmig an, so dass jetzt das Rhizom gegliedert erscheint. Dann ist der Anfang jedes Internodiums dünn, das Ende mit der Schuppe dick. (Fig. 12 und 13.) Die grösste Veränderung aber zeigt das Rhizomende, wo etwa 3—5 Schuppen gehäuft stehen. Sie schwellen so an, dass sich ihre ursprünglich nutierende Spitze streckt und ein zwiebelartiges Gebilde entsteht von etwa 1—2 cm Länge, 1 cm Breite und $^3/_4$ cm Dicke. (Fig. 14.) Die Rhizomzwiebel ist also dorsiventral abgeflacht, auf ihrer Unterseite

entspringt die einzige Wurzel des Rhizoms, sie ist an der Basis 1—2 mm dick und bis 10 cm lang und gehört nach ihrer Entstehung zu den Adventivwurzeln. Sie entwickelt in zerstreuter Anordnung eine grosse Anzahl Seitenwurzeln 1.—3. Ordnung, die so lang wie die Hauptwurzel werden und ein dichtes Büschel bilden. Die ersten Seitenwurzeln entspringen oft so kurz an der Basis der Hauptwurzel, dass sie scheinbar selbständig am Rhizom sitzen. Es kommt nur selten vor, dass auch an den anderen Knoten des Rhizoms Wurzeln entstehen.

Bei Sambucus können wir nach der Entstehung des Rhizoms folgende Gruppen unterscheiden:

1. Primäres Rhizom, entstanden als Seitenorgan des Epicotyls.
2. Sekundäres Hauptrhizom, entstanden als Fortsetzung des vorjährigen Rhizoms.
3. Sekundäre Nebenrhizome.



Fig. 19. Rhizom von Sambucus Ebulus.
Rechts u. vorn links Blütenstengelknospen. Links hinten ein Seitenrhizom.

In der primären Entstehung unterscheidet sich also das Sambucusrhizom wesentlich von Adoxa. Letzteres ist ein Haupt-, ersteres ein Seitenspross. Die verschiedenen Rhizomsysteme sind auch hier unter sich vollständig gleich. (Fig. 19.)

Morphologie. Das Rhizom von Sambucus ist ausdauernd und hat ein ganz enormes Längenwachstum, es wurden Jahrestriebe von 8 m Länge gemessen. In seiner ganzen Länge ist es gleichmässig dick, etwa $^1/_2$—1 cm, und es verändert auch in derselben Vegetationsperiode seine Dicke nicht mehr. In Abständen von 10—30 cm sitzen streng decussierte Schuppenpaare, so dass am Rhizom vier Schuppenreihen sind, eine dorsal, eine ventral und zwei lateral. Die Schuppen schwellen nicht an und sind hinfällig. Am Rhizomende sind sie auch gehäuft, sie nutieren aber nicht wie bei Adoxa, sondern wölben sich domartig über den Vegetationspunkt, sie decken sich auch nicht imbricat, sondern verwachsen mit der Basis zu einer Scheide. Die Ver-

zweigung des Rhizoms erfolgt aus den Schuppenachseln, es wurden Zweige erster und zweiter Ordnung beobachtet. Das Rhizom ist im Gegensatz zu dem von Adoxa der ganzen Länge nach allseitig bewurzelt, am stärksten an den Knoten. Häufig stehen die grösseren Wurzeln ähnlich wie die Schuppen mehr oder weniger decussiert. Die Internodialwurzeln bleiben klein, die Knotenwurzeln sind etwa doppelt so lang als die Hauptwurzel von Adoxa, auch etwas dicker, dagegen weniger verzweigt, auch sie haben den Charakter von Adventivwurzeln.

Die Anatomie des Adoxa-Rhizoms ist in allen Jahreszeiten schlecht erkennbar, weil dasselbe stets strotzend mit grosskörniger Stärke gefüllt ist, die alle Details verschleiert. Nur im Frühling gelingt es zuweilen, klare Schnitte zu bekommen, weil dann die Stärke verbraucht wird zur Blüten- und Fruchtbildung. Dann vertrocknen die Rhizome sukzessive und verlieren die Verbindung mit Mutter- und Schwesterrhizomen. Lagerberg hat diese Trennung schon im Herbst beobachtet, es mag also beides vorkommen. Zur Blütezeit ist gewöhnlich nur noch die Rhizomzwiebel übrig, auch sie leert bald ihre Stärke von aussen nach innen zu. Macht man zur Zeit der Entleerung Schnitte, so kann man geeignete anatomische Ansichten bekommen. Gelingt es aber auch dann noch nicht, so verdunkelt man zur Vegetationszeit die wachsende Pflanze mehrere Tage, damit die gespeicherte Stärke aufgebraucht wird. Aber auch dann werden die Bilder sehr verschieden ausfallen. Die meisten Rhizome beharren nämlich im Jugendzustande und zeigen keine höhere Differenzierung, es fehlen z. B. meist mechanische Gewebe. Da es aber für die systematische Stellung der Pflanze wichtig ist, möglichst weit differenzierte Stadien kennen zu lernen, so müssen wir unter dem gesammelten Rhizommaterial eine Auslese treffen. Wir suchen durch Zerreissen festzustellen, welche am zähesten sind und behalten nur diese zur anatomischen Untersuchung. Es wurde auch mit Erfolg künstlich eine Differenzierung der Gewebe dadurch erzielt, dass ein Rhizom, welches aus einem hochgestellten Blumentopf heraushing, mehrere Wochen durch ein angehängtes Gewicht einem starken Zug ausgesetzt wurde. Es bildeten sich dadurch die mechanischen Gewebe in einer Stärke aus, wie wir sie in der Natur nicht finden.

Legen wir durch ein hochdifferenziertes Rhizom einen Querschnitt, so erhalten wir ungefähr ein Bild, wie es in Fig. 16 dargestellt ist. Die Rinde ist dick in Anpassung an ihre Funktion als Speicherorgan, der Zentralzylinder relativ dünn. Die Epidermis besteht aus Zellen, welche in der Längsrichtung der Achse stark gestreckt sind und nur geringe Breite und Höhe haben. (Fig. 15.) Ihre Cuticula ist schwach

ausgebildet. Die Epidermis ist weiss und besitzt Spaltöffnungen, die zuweilen emporgehoben sind, wie wir es an hygrophilen Pflanzen beobachten. Sie stimmen im Bau mit dem Typus überein, den wir an der Unterseite der Blätter beobachten, führen jedoch kein Chlorophyll, weshalb die Spalte immer offen bleibt. Sie dienen wahrscheinlich nur der Atmung. Zuweilen jedoch, wenn das Rhizom oberirdisch

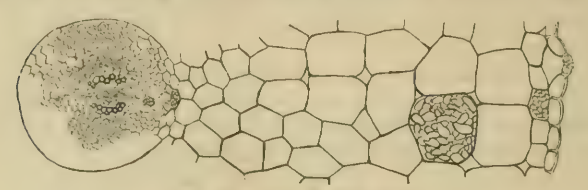


Fig. 16. Adoxa Rhizom quer.

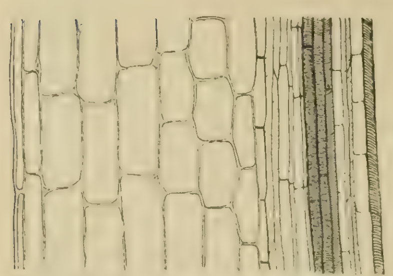


Fig. 15. Rhizom v. Adoxa längs.

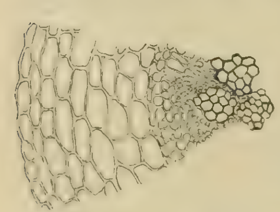
verläuft und ergrünt, funktionieren diese Atemspalten wie gewöhnliche Spaltöffnungen. Auch an den bleichen Schuppen finden wir diese Atemspalten und zwar sowohl aussen als innen. Auf der Innenseite der Endschuppen finden sich ausserdem um den Vegetationspunkt gehäuft Gerbstoffköpfchenhaare, deren Stiel aus 3—5, deren Köpfchen aus 2—4 Zellen besteht. Unter der Epidermis folgt eine Schicht Zellen, die etwas grösser sind und kleinkörnige Stärke führen. Dann folgt das eigentliche Rindenparenchym, das aus grossen Zellen besteht, welche in der Längsrichtung des Rhizoms schwach gestreckt sind. Nach innen zu nimmt ihre Grösse ab, ihre Wände sind im Alter schwach verdickt und zeigen dann runde Tüpfel, die besonders bei Anwendung quellungerzeugender Mittel sichtbar werden. Die Zellen sind im Winter alle prall gefüllt mit grossen, bohnenförmigen Stärkekörnern. Sonstige Inhaltsbestandteile fehlen. Das Rindenparenchym wird von einem verschieden stark entwickelten Interzellularsystem durchsetzt. Die Endodermis ist wenig regelmässig gebaut und unterscheidet sich oft schwer von den Nachbarzellen. Ihre Zellen sind in der Längsrichtung des Rhizoms gestreckt, ihre innere Tan-

gentialwand ist entweder gar nicht oder nur ganz schwach verdickt, was aber nur bei Anwendung quellender Mittel sichtbar wird. Die Radialwände zeigen die Casparischen Striche, es sind, wie ich mich deutlich überzeugen konnte, keine Wellen, sondern strichförmige Verdickungen, die wie Sprossen einer Leiter übereinander liegen und sich in Phloroglucin und Salzsäure rot färben. Eichinger gibt an, dass unter der Endodermis ein Perizykel folgt, ich habe ihn aber nicht finden können. In meinen Präparaten folgt unter der Endodermis direkt eine Schicht Bastfasern. Diese Fasern treten, wie ich schon oben ausgeführt habe, nur in hochdifferenzierten Rhizomen auf und bilden dann meist eine dorsale und eine ventrale mechanische Platte, zwischen beiden liegen die Leitbündel. Bei den künstlich belasteten Rhizomen berührten sich die Ränder der Platten, so dass ein flacher mechanischer Ring entstand. Die mechanische Platte kann in der Mitte 1—3 Zelllagen stark sein. Die beiden Leitbündelstränge, welche das Rhizom von Adoxa durchziehen, sind auch in einer dorsalen und einer ventralen Platte angeordnet, zentral und lateral liegen Markzellen. Bei hochdifferenzierten Rhizomen liegt im Markteil eine Libriformplatte, welche parallel den Bastfasern verläuft. Der Leptomteil besteht aus zahlreichen grösseren und kleinen Zellen von wenig charakteristischem Aussehen. Im Hadromteil überwiegen in der Jugend 1—3-bänderige Spiral-, später Leitergefässe. Ringgefässe sind nicht vorhanden, zerrissene Spiralgefässe täuschen nur zuweilen solche vor. Auch die Zellen des Zentralzylinders sind mit Stärke gefüllt, doch ist sie etwas kleiner als diejenige des Rindenparenchyms. Krystalle, Sekrete oder Exkrete kommen keine vor.

Wir haben schon oben gesehen, dass das Rhizom nicht überall gleich dick ist, Fig. 12 und 13 zeigt zum Vergleich zwei schematische Querschnitte, welche der dünnsten und dicksten Stelle des Rhizoms entsprechen. An der dünnsten Stelle besteht eine Hadromplatte aus etwa 6 Gefässen, diese teilen sich mit dem anschwellenden Internodium in der Richtung auf die Schuppe zu, so dass ein Querschnitt unter einer Schuppe vielleicht 9—12 Gefässe in einer Platte besitzt. Der dickere Querschnitt ist gedacht direkt hinter dem Eintritt der Wurzel. Aus dieser treten nämlich eine grosse Anzahl Gefässe in das Rhizom ein, so dass die beiden Hadromplatten sich stark verdicken, verbreitern und erweitern, also, dass sie sich mit ihren Rändern berühren und eine Ellipse bilden, deren kleiner Durchmesser dorsal-ventral gerichtet ist. Um den Einfluss der Wurzel auf die Gestaltung des Zentralzylinders zu zeigen, seien noch einige Zahlen angeführt. Vor dem Eintritt der Wurzel war der Zentralzylinder 850 μ breit und 765 μ hoch, hinter dem Eintritt dagegen 1530 μ

breit und 770 μ hoch. Es sei hervorgehoben, dass am Rhizom eine Cambiumzone und damit auch ein sekundäres Dickenwachstum fehlen. Die Anatomie der Wurzel zeigt einige Ähnlichkeit mit derjenigen des Rhizoms. Sie erreicht den Höhepunkt ihrer Differenzierung im Frühjahre zur Zeit der Blüte und Fruchtbildung, es tritt dann eine starke Vermehrung der Gefässe ein, entsprechend dem gesteigerten Bedarf der Pflanze an Wasser und Nährsalzen. Legen wir etwa zur Blütezeit einen Querschnitt durch die Basis der Hauptwurzel, so erhalten wir ein Bild, wie es Fig. 18 zeigt. Die Rinde ist im Verhältnis zum Zentralzylinder nicht so dick wie am Rhizom. An einer 1,3 mm dicken Hauptwurzel war der Zentralzylinder 680 μ lang, der Hadromteil 374 μ dick. Die Epidermis besteht aus langgestreckten Zellen mit Spaltentüpfeln an den Längswänden. Aussen- und Radialwände sind verkorkt. Das Parenchym setzt sich zusammen aus grossen, längsgestreckten Zellen, die mit grosskörniger Stärke gefüllt sind. Die Endodermis ist gebaut wie am Rhizom. Darunter folgt der mit kleinkörniger Stärke gefüllte Pericykel, dann der kleinzellige Leptom-, dann der Hadromteil und im Zentrum das Mark. Der Hadromteil besteht aus drei Platten, die im Herbst durch breite Markstrahlen getrennt sind, im Frühjahre aber ihre Elemente so stark vermehren, dass die Markstrahlen fast ganz verschwinden, ebenso das zentrale Mark, welches mit kleinkörniger Stärke gefüllt ist. Die junge Wurzel hat hauptsächlich Spiral-, die ältere Leitergefässe. Besondere mechanische Elemente habe ich keine gefunden, konnte auch keine hervorrufen, obschon ich die halblose Pflanze wochenlang an gespannten Gummibändern befestigt und so die Wurzeln einem starken Zug unterworfen hatte.


Fig. 17. Adoxa Wurzel längs.


Fig. 18. Adoxa Wurzel quer.

Wir hatten früher schon gesehen, dass das Rhizom von Sambucus Ebulus äusserlich total verschieden ist von dem Adoxarhizom, die Anatomie zeigt uns dasselbe in dem inneren Bau. In Fig. 20 sehen wir einen Querschnitt durch ein junges Rhizom von Sambucus. Hier stehen Rinde und Zentralzylinder in einem umgekehrten Dickenverhältnis wie bei Adoxa, erstere ist dünn, letzterer dick, dazu ist ein

grosser Markraum vorhanden, der bei Adoxa fast ganz fehlt. Die gelblichweisse Epidermis besteht im Gegensatz zu Adoxa aus wenig gestreckten Zellen, besitzt aber wie dort Stomata, jedoch in bedeutend geringerer Anzahl. Die Rinde besteht aus sehr zahlreichen Schichten englumiger, längsgestreckter Zellen, die dünnwandiger als bei Adoxa sind und scheinbar nicht als Speicherorgane dienen, denn Stärke wurde nur zur Vegetationszeit in geringer Menge gefunden. Sie bestand aus kleinen, runden, zusammengesetzten Körnern. Gerbstoffschläuche durchziehen das Rindenparenchym, Calciumoxalat in kleinen rhombischen Einzelkristallen und als Kristallsand kommt darin vor. Noch grösser sind die Unterschiede im Zentralzylinder. Wir finden ihn nicht wie bei Adoxa rund, sondern als eine 8-kantige Säule ausgebildet, welche aus zahlreichen, durch Markstrahlen scharf getrennten Leitbündeln besteht, die radial angeordnet sind. Die Endodermis unterscheidet sich im Bau so wenig von den Zellen des Rindenparenchyms, dass man sie nur bei Jodreaktion erkennen kann.

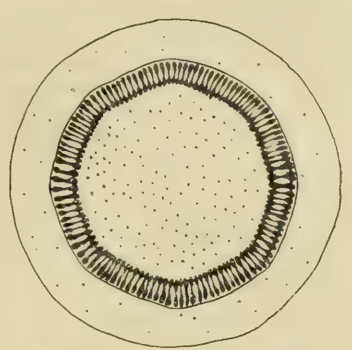


Fig. 20. Rhizom v. Sambucus quer.

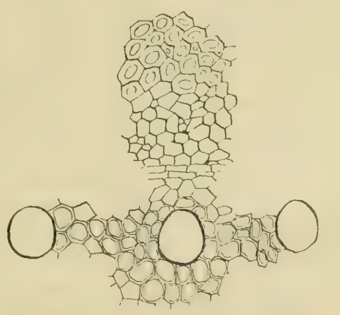


Fig. 21. Ein Leitbündel von Sambucus quer; grosse Gefässe.

Das gleiche gilt vom Pericykel, nur ist hier die Erkennung noch schwieriger, weil Stärke fehlt. In Fig. 21 ist ein Leitbündel abgebildet. Nach aussen ist es gefestigt durch einen dicken Baststrang, nach innen durch einen dünneren Libriformstrang. Benachbarte Libriformstränge stossen oft aneinander, werden aber auch dann, wenn sie einen geschlossenen Ring bilden, von zahlreichen Markstrahlen fensterartig durchbrochen. Unter dem Baststrang folgt das Leptom, seine Siebröhren sind weitlumiger als bei Adoxa, sie sind daher leichter von den Geleitzellen zu unterscheiden. Unter dem

Leptom folgt die Cambiumschicht, die bei Adoxa fehlt. Der Hadromteil unterscheidet sich besonders deutlich von Adoxa, er ist charakterisiert durch die grossen, mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Leiter- oder Netzgefässe. Ich nenne ausdrücklich beide Gefässtypen, weil es schwierig ist, zu entscheiden, ob diese Gefässe dem leiter- oder netzförmigen Typus zuzurechnen sind, da sie bald mehr nach dem ersten, bald mehr nach dem letzten Typus ausgebildet sind. Das kommt für unseren Vergleich mit Adoxa aber auch wenig in Betracht, viel wichtiger ist die Grösse dieser Gefässe, die ein Vielfaches der Adoxagefässe beträgt. Die Rhizomgefässe von Adoxa sind z. B. durchschnittlich 15 μ dick, bei Sambucus habe ich einen Durchmesser von 160 μ gemessen. Die grossen Gefässe sind umgeben von Spiralgefässen, die aus der ersten Jugendzeit des Rhizoms stammen. Die Markzellen sind dünnwandig, etwas in der Längsrichtung gestreckt und enthalten kleine Mengen kleinkörniger, zusammengesetzter Stärke. Zahlreiche Gerbstoffschläuche durchsetzen den Markraum. Es hat keinen Zweck, noch ein älteres Stadium des Sambucusrhizoms zu betrachten, weil wir ihm bei Adoxa nichts Homologes gegenüberstellen können, ich will nur betonen, dass dann die Unterschiede noch viel grösser werden. Auch die Rhizomwurzel unterscheidet sich wesentlich von der Adoxawurzel. Sie besitzt ein sekundäres Dickenwachstum. Ihre Epidermis ist stärker verdickt und verkorkt als die von Adoxa, oft erstreckt sich die Verkorkung auf die subepidermalen Zellen. Dagegen sind das Rindenparenchym und das Mark unverdickt, während wir bei Adoxa eine schwache Verdickung finden. Das Rindenparenchym der Sambucuswurzel enthält auch weniger Stärke. Es ist wieder dieselbe kleinkörnige Stärke, die wir schon in anderen Organen der gleichen Pflanze gefunden haben. Die Endodermis beider Wurzeln ist gleich gebaut. Pericykel und Leptom sind gut erkennbar und weitlumiger als bei Adoxa. Die Hauptunterschiede beider Wurzeln liegen jedoch im Hadromteil. Er ist bekanntlich bei Adoxa in 3 Platten angeordnet, bei Sambucus finden wir in der Region der Wurzelhaare 2, weiter hinten 3, 4 und 6 Platten, beim Eintritt der Wurzel in das Rhizom sind alle Gefässe zu einem kompakten Zentralstrang verbunden, der mehr oder weniger regelmässig polyedrisch ist, in keinem Falle aber Ähnlichkeit mit dem Hadromteil von Adoxa hat. Seine Elemente bestehen ähnlich wie bei Adoxa aus Spiral- und Leitergefässen, die jedoch weitlumiger sind, wenn auch nicht so stark wie sie im Rhizom beobachtet worden sind. Während jedoch bei Adoxa spezifisch mechanische Elemente in der Wurzel fehlten, finden wir hier zwischen den Gefässen Fasertracheiden und Libriform.

Auch physiologisch verhalten sich die Rhizome beider Pflanzen ungleich. Wir haben schon früher beim primären Adoxarhizom gesehen, dass sein Geotropismus innerhalb einer Jahreszeit zweimal wechselt, die jährlich auf vegetativem Wege entstehenden Rhizome zeigen die gleiche Erscheinung: Im ersten Frühling dringen sie durch positiven Geotropismus in die Erde ein, in gewisser Tiefe werden sie transversal geotropisch und wachsen horizontal, am Schluss der Vegetationsperiode werden sie negativ geotropisch und wachsen in die Nähe der Oberfläche. Das Sambucusrhizom ist ein Seitenorgan und wächst nur horizontal und zwar tiefer als das von Adoxa, meist 15–30 cm tief.

Das Adoxarhizom ist einjährig, das Sambucusrhizom mehrjährig. Ersteres speichert nur grosskörnige, bohnenförmige Stärke, letzteres neben kleinkörniger, zusammengesetzter Stärke im Alter auch Fette und Gerbstoffe.

Senn schildert in interessanter Weise, wie Adoxa das Rhizom mit Stärke füllt. „Um den Zellkern sind die Leucoplasten gelagert und beginnen, Stärke zu bilden. Sobald die Körner grösser sind, werden die oberen durch die Schwerkraft abwärts gezogen, so dass nur noch die untere Hälfte des Zellkerns umhüllt ist. Schliesslich zieht die Last den Kern mit auf den Boden der Zelle hinab, wo er aus dem Haufen herausragt. Oft sind auf dem Boden nur Stärkekörner, der blanke Kern hängt in der Mitte der Zelle. An senkrecht geführten Schnitten kann man erkennen, dass auch in den sich entleerenden Zellen die Stärke unten dichter liegt. Oben und an den Seitenwänden liegen nur kleine Körner. In ganz entleerten Zellen sind die Leucoplasten wieder um den Kern gesammelt."

Fassen wir das Resultat der vergleichenden Morphologie, Anatomie und Physiologie zusammen, so kommen wir zu dem Schluss: Die Rhizome und Wurzeln von Sambucus und Adoxa haben keine Ähnlichkeit.

Aus den oben genannten Gründen hat ein Vergleich des Adoxarhizoms mit den übrigen Caprifoliaceen nur geringen systematischen Wert, trotzdem wurde eine Untersuchung vorgenommen. Echte Rhizome kommen bei den übrigen Caprifoliaceen nicht vor, da es jedoch Sträucher sind, so findet man häufig Äste, die ganz auf dem Boden liegen, sogar unterirdisch verlaufen, sich bewurzeln, Schuppen statt Blätter bilden und sich so fast verhalten wie echte Rhizome. Nur die jüngsten dieser Stadien wurden untersucht, z. B. von Symphoricarpus, Diervilla und Linnaea. Morphologisch und anatomisch zeigten diese Sprosse zu Adoxa keine Beziehung, wohl aber zu Sambucus: Walzenförmige Sprosse mit decussierten Schuppen, sekun-

däres Dickenwachstum, kreisförmig angeordnete Gefässe, kleinkörnige Stärke und Fett, Calciumoxalatdrusen in Rinde und Mark. Die Anatomie der Wurzel, besonders die Zahl der Hadromplatten, zeigt zwar keine Übereinstimmung mit Sambucus, aber auch nicht mit Adoxa.

Die oberirdischen Organe im allgemeinen.

Die oberirdischen Organe bestehen bei Adoxa aus 1—3 grundständigen Laubblättern und dem Blütenspross. An letzterem sitzt meist ein Paar gegenständiger Laubblätter, die kleiner sind als die grundständigen und sich auch durch ihre decussierte Stellung von ihnen unterscheiden. So bietet Adoxa die sonderbare Erscheinung, dass alle Organe, welche am Rhizom entspringen, zweizeilig, alle Organe am Blütenstengel aber decussiert stehen. Bei Sambucus finden wir dagegen alle Organe in decussierter Stellung. Auch in der Entstehung der Organe besteht zwischen beiden ein Unterschied: Während Adoxa Blätter und Blüten im Herbst anlegt, entstehen bei Sambucus die Blätter erst im Frühling und später auf hoher Achse die Blüten. Bei Adoxa kommen im Frühjahre die Organe nutierend aus der Erde, bei Sambucus gerade. Siehe Fig. 11 und 19. Habituell sind beide Pflanzen ganz unähnlich, Adoxa ist ein schwaches Pflänzchen von einiger Ähnlichkeit mit Anemone nemorosa, während Sambucus zur Blütezeit an eine starke Umbellifere erinnert, allerdings mit anderem Blattbau. Unter den übrigen Caprifoliaceen herrscht auch keine habituelle Gleichmässigkeit. Versuchen wir im Folgenden die einzelnen Organe genauer kennen zu lernen.

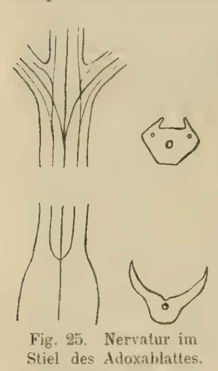
Das Laubblatt.

Wir haben schon am Keimling zwei Typen von Assimilationsblättern kennen gelernt, nämlich Cotyledonen und Primärblätter, die nur morphologisch verschieden, anatomisch und physiologisch aber ziemlich ähnlich waren. Auch an der Pflanze, welche im Frühling aus der Rhizomzwiebel entsteht, können wir zwei Typen von Blättern unterscheiden, nämlich die grundständigen und die stengelständigen Laubblätter. Letztere unterscheiden sich nur durch ihre Stellung und Grösse, sonst sind sie vollständig gleich. Zu ihrer Kenntnis haben am meisten beigetragen Novak, Lagerberg[1], Eichinger, Senn und v. Guttenberg[1]. Den Winter über liegen die Laubblätter nutierend als schützende Hülle über dem Blütenspross und dem am Gipfel der Rhizomzwiebel liegenden Vegetationspunkt, aus welchem im Frühjahre das nächstjährige Hauptrhizom entsteht. So geschützt, haben diese jungen Organe eine merkwürdige Widerstandskraft gegen die

Kälte und Trockenheit des Winters, unbedeckte Rhizome sah ich bei mehrjährigen Versuchen ohne Schaden den Winter überstehen. Mit den ersten Frühlingspflanzen entfaltet sich auch Adoxa, im Treibhause kann man schon im Januar, durch Narkotisieren noch etwas früher, blühende Pflanzen bekommen. Ein dichter Bestand von Adoxa hat Ähnlichkeit mit einem Bestand von Anemone nemorosa, und da sie beide gemischt vorkommen, so wird Adoxa leicht übersehen. Der Blattstiel von Adoxa ist am Grunde scheidenartig erweitert, die dreiteilige Spreite 1—3 fach geschnitten. (Fig. 24.) Das Blatt hat einen aromatischen Duft, besondere Organe, welche diesen erzeugen, fehlen. Die Blätter sind gewöhnlich zuerst braungrün, später reingrün, die Oberfläche ist matt, die Unterseite oft silberfarbig glänzend, weil das Schwammparenchym viel Luft enthält. Wenn man im wassergefüllten Vacuum diese Luft aussaugt, so füllen sich die Interzellularen mit Wasser und die Unterseite wird dunkelgrün. Die Grösse der Blätter ist sehr variabel, an einer starken Gartenpflanze war ein grundständiges Blatt 16 cm lang, wobei auf Stiel und Spreite je 8 cm kamen, die Breite betrug dabei 15 cm. An einem andern Exemplar, das ich am Lukmanier-Pass in 1700 m Höhe gesammelt hatte, war das ganze Blatt nur 1,8 cm hoch. Das normale Blatt ist in der Ebene etwa 8 cm lang. Von der Grösse hängt die Form des Blattes ab. Dieses ist bekanntlich dreiteilig. Bei kleinen Blättern sind diese Teilblättchen oft nicht mehr weiter differenziert, bei grossen dagegeh wiederholt sich diese Dreiteilung noch ein- bis zweimal, wobei die einzelnen Teile unsymmetrisch sind. Jedes Teilchen trägt an der Spitze ein kleines Zähnchen von $^{1}/_{4}$ mm Länge, das eine Hydathode darstellt. Nebenblätter fehlen.

Die Anatomie der Laubblätter gleicht derjenigen des Primärblattes, wir haben auf der Ober- und Unterseite wieder die stark undulierten Epidermiszellen, die oberen sind im Mittelteil papillös emporgewölbt, die unteren dagegen sind flach. Auf der Oberseite der Blattzähnchen sitzen 5—10 Stomata, welche Wasser ausscheiden, die eigentlichen Stomata sitzen alle auf der Unterseite des Blattes. Das jugendliche Blatt trägt auf der Oberseite Gerbstoffköpfchenhaare, sie fallen später ab. Der Querschnitt des Blattes zeigt uns, dass das erwachsene Blatt nur wenig dicker ist als Cotyledon und Primärblatt, wir finden nämlich eine Dicke von 200—220 μ, wobei die obere Epidermis etwa 40 μ, die untere 35 μ hoch ist. Das Mesophyll ist nicht so locker wie im Primärblatt. Unter den fast kubischen Palisaden und Armpalisaden folgen vier bis fünf Schichten nach unten immer lockerer werdenden Schwammparenchymzellen. Sie sind alle dicht mit Chlorophyll gefüllt, besonders die oberen. Während die

obere Epidermis meist einige Leucoplasten enthält, finden wir in der unteren Chlorophyllkörner; die Grösse derselben gibt Senn mit 5,5 bis 6,5 μ an, im Mesophyll sind sie etwa 7—8 μ dick. Die Stomata gehören dem verbreitetsten Typ an und zeigen keine besonderen Eigentümlichkeiten, es kommen nach Lagerberg etwa 40 auf den mm². Kristalle habe ich im Blatt nicht gefunden, dagegen gibt Eichinger an, dass überall Calcium-Sphärite vorkommen und dass sie als dunkler Kranz besonders die Atemhöhle umgeben. Es ist sehr wohl möglich, dass in verschiedenen Bodenarten die Pflanze in der Ausbildung dieser Körper sich verschieden verhält.


Fig. 25. Nervatur im Stiel des Adoxablattes.

Die Nervatur des grundständigen Laubblattes ist anders als im Cotyledon und Primärblatt. Fig. 25 zeigt uns diejenige des Blattstiels. Von der oberen und unteren Hadromplatte des Rhizoms zweigt lateral je ein Gefässstrang ab, beide vereinigen sich sofort und treten als ein Strang in die Basis des Laubblattes ein. An der oberen Grenze des scheidenartigen Teils vom Blattstiel zweigt das starke Mittelbündel zwei schwächere Seitenbündel ab. Oben, wo das Blatt dreiteilig wird, gibt der Mittelnerv zwei Äste an die Seitenblättchen ab, auch die schwachen Seitennerven des Blattstiels liefern dort je zwei Seitennerven für das Blättchen auf ihrer Seite. Bei mehr differenzierten Blättern wiederholt sich diese Teilung. In der Spreite ist der Verlauf der Leitbündel bogenförmig, jedoch nicht so auffallend wie im Primärblatt. Die Leitbündel endigen auch hier in einem Epithem, welches das Blattzähnchen erfüllt. Jeder der drei Blattstielbündel hat eine besondere Endodermis. Der ganze Blattstiel ausserhalb der Leitbündel besteht aus kleinzelligem Parenchym, das besonders an der unteren Längskante des Stiels mit grosskörniger Stärke gefüllt ist. Der Stiel hält sich aufrecht durch Turgor, die Leitbündel sind mechanisch geschützt durch schwach ausgebildetes Collenchym und im Alter auch durch vereinzelte Bastfasern. Der Hadromteil besteht jung vorwiegend aus Spiral-, im Alter vorwiegend aus Leitergefässen. Auf allen Seiten des blassen Blattstiels finden wir zwischen den langgestreckten Epidermiszellen Stomata vom Typus, wie wir sie am Rhizom beobachtet haben. Sie funktionieren auch hier als Atemorgane, und erst später, wenn der Stiel im oberen Teil ergrünt, übernehmen sie die Funktion normaler Stomata. Die Anatomie

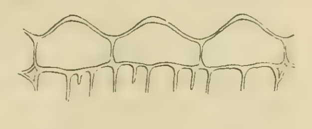
der stengelständigen Laubblätter unterscheidet sich von derjenigen der grundständigen nur durch den Verlauf des Hauptnervs, wir werden später noch darauf zurückkommen.

Den grundständigen Laubblättern von Adoxa können wir bei Sambucus nichts Homologes gegenüberstellen, sie fehlen dort ebenso wie die Rhizomzwiebel. Untersuchen wir daher, ob die stengelständigen Adoxablätter vielleicht Beziehungen zu Sambucus aufweisen. Wir haben bei Adoxa ein Paar stengelständiger Blätter. In ihrer Jugend nutieren sie so, dass eines über das andere geschlagen ist und beide die junge Infloreszenz umhüllen. Da ihre Oberfläche mit zahlreichen Gerbstoffköpfchenhaaren bedeckt ist, so füllen diese den Raum zwischen Blatt und Infloreszenz aus. An der alten Pflanze stehen die beiden Blätter oft nicht mehr genau gegenüber, sondern sind einander etwas genähert und zwar scheint mir in Orientierung zur Rhizomachse die Innenseite bevorzugt zu sein, ich möchte jedoch ausdrücklich betonen, dass ich auch nach auswärts genäherte Blätter gefunden habe. Eine sehr häufige Bildungsabweichung besteht darin, dass diese Blätter sich mehr oder weniger teilen, so dass vier Blätter entstehen, es fällt leicht, alle Übergangsstadien zu sammeln. Mit dieser Erscheinung darf nicht verwechselt werden ein Fund, den Lagerberg gemacht hat und der darin bestand, dass an einem Stengel zwei decussierte, in der Höhe getrennte Blattpaare vorhanden waren. Die himalayische Form Adoxa Moschatellina L. var. inodora Falc. besitzt nur ein stengelständiges Laubblatt. Die Laubblätter von Sambucus stehen in etwa 5—8 decussierten Paaren am Blütenstengel, sie werden nach oben zu kleiner und gehen dort allmählich in schuppenartige Tragblätter über. Habituell haben sie keine Ähnlichkeit mit denen von Adoxa, sie sind unpaar gefiedert, besitzen Nebenblätter und Nebenblättchen, sowie extraflorale Nektardrüsen. Auch anatomisch gleichen sie nicht dem Adoxablatt. Sie sind etwa 250 μ dick, wovon auf die obere Epidermis 35 μ, die Palisaden 85 μ, die fünf Reihen Schwammparenchymzellen zusammen 105 μ und die untere Epidermis 25 μ kommen. Die früheren Bearbeiter sehen in dem Vorkommen von Armpalisaden bei beiden Pflanzen ein Zeichen von Verwandtschaft, allein die langgestreckten Armpalisaden von Sambucus haben doch recht wenig Ähnlichkeit mit den kubischen Armpalisaden von Adoxa. Zudem treten auf der Ober- und Unterseite des Sambucusblattes ein- bis mehrzellige Borsten auf. Die Köpfchenhaare auf beiden Seiten haben auch keine äussere Ähnlichkeit mit denen von Adoxa. Endlich kommt noch hinzu, dass in den Blattrippen von Sambucus sehr viel Kristallsand vorkommt. Am meisten aber unterscheiden sich die Blätter in ihrer Nervatur. Durch den Blattstiel des stengelständigen

Adoxablattes laufen drei Leitbündel, sie vereinigen sich vor dem Eintritt in den Blütenstiel und das so entstandene einzige Leitbündel läuft an diesem als Blattspur abwärts (Fig. 23). Bei Sambucus dagegen durchziehen neben einigen kleineren fünf grosse Leitbündel den Blattstiel und treten getrennt in den Knoten der Abstammungsachse, sie laufen auch getrennt als starke Blattspur weiter hinab. Die weiteren Details ihres komplizierten Verlaufs können wir uns schenken, wir sehen schon aus dieser kurzen Darstellung, dass die Nervatur in den Blättern unserer beiden Pflanzen total verschieden ist. Auch sonst zeigt der Blattstiel keine Übereinstimmung mit dem von Adoxa. Er ist grün und überall mit Borsten und Köpfchenhaaren bedeckt, letztere sind besonders zahlreich in dem unteren Teil der Rinne. Die Kanten des Blattstiels sind erfüllt mit schön ausgebildetem Eckencollenchym, die Leitbündel sind gefestigt durch Bast- und Libriform. Das Hadrom führt Spiral- und Leitergefässe. Die Endodermis ist gefüllt mit kleinkörniger, zusammengesetzter Stärke. Zahlreiche Zellen von Rinde und Mark sind gefüllt mit Kristallsand, der drusenförmig auftritt, ferner werden diese Gewebe von Gerbstoffschläuchen durchzogen, in welchen auch Fett enthalten ist.

Zur Kenntnis der Physiologie des Adoxablattes hat v. Guttenberg am meisten beigetragen, indem er entdeckte, dass die Papillen der oberen Epidermis als Linsen funktionieren und bei Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse am ausgewachsenen Blatt gewisse Bewegungen veranlassen. Die Versuche dieses Forschers wurden im Laboratorium und in Kulturen von mir wiederholt und können in vollem Umfange bestätigt werden. Das Blatt von Adoxa ist transversal heliotropisch, es stellt sich im Schatten senkrecht ein zum stärksten diffusen Licht. Ändern sich die Lichtverhältnisse, so macht es in einer Zeit von vier und mehr Stunden eine Bewegung, um wieder in die günstige Lichtstellung zu kommen. Die grobe Einstellung besorgt der Stiel, die feinere die Spreite. Es gewährt einen sonderbaren Anblick, wenn man diesbezügliche Versuche an grösseren Kulturen anstellt: Ein Blatt beugt sich vorwärts, ein anderes rückwärts, ein drittes dreht sich rechts herum, ein viertes nach links, bei anderen wieder machen die einzelnen Teile eines Blattes divergente Bewegungen. Die Vorteile, welche die Pflanze durch diese Bewegungen erlangt, konnte ich an natürlichen Standorten beobachten. Adoxa gedeiht am besten im Schatten von gemischten Laubholzbeständen und bevorzugt hier solche Bäume, welche sich spät belauben, z. B. Eichen, Eschen und besonders Nussbäume. Wenn sich diese Bäume belauben, so wechseln für Adoxa täglich die Beleuchtungsverhältnisse, zunächst, weil die Bäume der Umgebung ungleich schnell

ergrünen, dann aber auch an gleichem Baum, weil sich vorhandene Lücken in der Krone durch Laub und junge Sprosse schliessen. Die Lichtzufuhr wird dann für unsere Pflanze immer ungünstiger, um so mehr, als hochstengelige Kräuter und Stauden in der Umgebung aufschiessen und die kleine Adoxa bedrängen. Da muss jede günstige Lichtlücke ausgenützt werden, es geschieht in der Weise, wie oben geschildert wurde. Die Bewegungsfähigkeit des Adoxablattes ist nur berechnet auf das wechselnde diffuse Licht, sie ist zu langsam, um den Lichtdifferenzen zu folgen, welche durch die tägliche Bewegung der Sonne verursacht werden. Wo das Adoxablatt genügend Licht zur Verfügung hat, macht es keine Bewegungen, es scheint mir sogar, dass es sich gegen starke Insolation schützt. Während nämlich im Schatten alle Blätter ganz flach ausgebreitet sind und alle in gleicher Ebene senkrecht zum Licht stehen, finden wir es in stärkerem Licht anders. Dort stehen die verschiedenen Blätter regellos, die einzelne Spreite steht nicht senkrecht zum Licht, sie ist aufgerichtet und die Teilblättchen bilden zusammen einen Trichter.



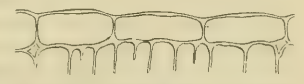


Fig. 26. Blattepidermis von Adoxa.
Oben: Blatt im Schatten matt.
Unten: Blatt i. d. Sonne glänzend.

Eine ganz eigentümliche Erscheinung, über welche noch Angaben in der Literatur fehlen, konnte ich beobachten an Blättern, welche starkem Sonnenlicht ausgesetzt waren. Die matten Blätter wurden dann plötzlich stark glänzend, bei längerer Beschattung verschwand der Glanz wieder. Diese Erscheinung wiederholte sich jeden Tag. Die anatomische Untersuchung zeigte, dass durch die Insolation die Papillen der oberen Epidermis verschwinden, siehe Fig. 26. Dadurch wird die Fläche der oberen Blattspreite vergrössert und die Ränder biegen sich abwärts.

Wir haben endlich noch eine Bewegung zu erwähnen, welche das ganz junge Blatt ausführt, an der die papillösen Epidermiszellen nicht beteiligt sind. Wenn dieses nämlich nutierend emporwächst und etwa 2—3 cm hoch ist, so sind seine Blättchen noch zusammengefaltet, die untere Epidermis ist nach aussen gekehrt. Setzt man in diesem Alter die Pflanze einseitiger Beleuchtung aus, so wächst sie auf das Licht zu, weil die dunklere Seite des Stiels schneller wächst.

Nach Senn liegen die Chromatophoren bei diffusem Licht auf der Hinterwand gleichmässig verteilt, in der Dunkelheit an den

Seitenwänden in Apostrophe, bei Sonnenschein um den Kern in Systrophe.

Über die Lebensdauer des Blattes entscheidet der Standort. Ist er sonnig und trocken, so sterben die Blätter früh, ist er schattig und feucht, so werden sie alt. In der feuchten Luft, welche unter stark transpirierenden Krautpflanzen herrscht, halten sich die Adoxablätter am längsten. In Zürich entfalten sich die Adoxablätter anfang März und sterben Ende Mai bis Mitte Juni, so dass die Assimilationszeit 3—3½ Monate beträgt. In der ersten Zeit ist die Photosynthese häufig unterbrochen durch schlechtes Wetter, in der letzten Zeit oft gestört durch zu starke Beleuchtung oder Beschattung. Kurz ist also die günstige Arbeitszeit, und da meist nur 1—2 Blätter zur Verfügung stehen, so sind auch die Arbeitsmittel gering. Trotzdem gelingt es der Pflanze, nicht nur Früchte zu reifen, sondern auch ein starkes vegetatives Fortpflanzungssystem zu entwickeln und reichlich mit Stärke zu verproviantieren. Diese grosse Arbeitsleistung ist nur dadurch möglich, dass die Pflanze ihre Kräfte nicht zersplittern muss in chemischen Umsetzungen: Sie verholzt und verkorkt nicht und bildet auch keine anderen komplizierten Körper. Die Grösse der Arbeitsleistung des Adoxablattes erkennt man an der Menge des verbrauchten Wassers und der durch dasselbe transportierten Nährsalze. Es wird eine Menge Wasser verdunstet, denn das Blatt welkt sehr rasch, eine grosse Menge wird aber auch entgegen Lagerberg durch die Hydathoden ausgeschieden. In der fraglichen Zeit sind kühle Nächte, in denen der Himmel bedeckt ist, ziemlich häufig, stets habe ich dann morgens auf den Hydathoden Wassertropfen gefunden. Auch im Laboratorium gelingen diesbezügliche Versuche unter der Glasglocke sehr leicht und da die Pflanze im Winter schnell getrieben werden kann, so dürfte es für Vorlesungszwecke kaum ein geeigneteres Demonstrationsobjekt geben.

Sambucus Ebulus ist keine Schattenpflanze, er wächst an Bachufern, in Lichtungen und besonders an den Rändern von Waldwegen, verträgt also höchstens Halbschatten. Da er also stets genügend Licht zur Verfügung hat, so braucht er keine Bewegungen auszuführen, seine Epidermiszellen sind deshalb keine Linsen. Da die Pflanze vom April bis Oktober grün ist und auch zahlreiche grosse Blätter besitzt, so verfügt sie über mehr Licht, mehr Zeit und mehr Arbeitsmittel als Adoxa und kann daher auch mehr leisten. Die Leistung äussert sich in einer enormen vegetativen und sexuellen Fortpflanzungsfähigkeit. Sie äussert sich aber auch in der Qualität der abgelagerten Reservestoffe, sie sind konzentrierter als bei Adoxa, indem mehr Fett als Stärke gespeichert wird. Endlich zeigt sich die

stärkere Leistung in der Verwendung der Baustoffe, die Rhizome bilden Holz und Kork und besitzen ein sekundäres Dickenwachstum.

Der Wasserbedarf ist bei Sambucus noch grösser als bei Adoxa, das Blatt welkt rascher, es sind ungeheuer grosse Gefässe vorhanden. Dagegen unterscheiden sich beide Pflanzen in der Ausscheidung des überflüssigen Wassers: Sambucus verdunstet viel mehr und scheidet viel weniger durch Hydathoden aus. Er hat das nicht nötig, weil im Sommer kühle Nächte seltener sind und sein Blatt viel mehr besonnt wird, daher auch besser transpirieren kann. Trotzdem kann man auch das Sambucusblatt zur Ausscheidung zwingen, wenn man im Freien einige Tage eine Glasglocke über die Pflanze stülpt und den unteren Teil mit feuchtem Moos ausfüllt.

Fassen wir die Resultate unserer Untersuchung zusammen, so erkennen wir, dass die Blätter beider Pflanzen keine Merkmale besitzen, welche auf nahe Verwandtschaft deuten. Auch unter den übrigen Caprifoliaceen finden wir keine Blätter, welche denen von Adoxa gleichen. Borsten, ähnlich wie bei Sambucus, finden wir bei Viburnum, Linnaea, Symphoricarpus und Diervilla, sie fehlen bei Lonicera. Gerbstoffhaltige Köpfchenhaare besitzen Viburnum, Linnaea, Symphoricarpus und Diervilla, sie fehlen bei Lonicera. Sie sind nicht einheitlich gebaut und haben mit denen von Adoxa wenig Ähnlichkeit, sie stimmen mit ihnen jedoch darin überein, dass sie alle Gerbstoff führen und am zahlreichsten in der unteren Blattstielrinne sitzen, demnach also in der Jugend den Vegetationspunkt umgeben. Da wir noch nicht darüber orientiert sind, ob diese Köpfchenhaare weit verbreitet sind, so können wir vorläufig nicht darüber urteilen, ob ihnen in unserem Falle ein hoher systematischer Wert zukommt, aus ihren verschiedenen Aussehen bezweifle ich es. Wir finden im Gegensatz zu Adoxa bei den Caprifoliaceen häufig gelöste rote Farbstoffe in den Blättern und mit ihnen verbunden einen reichen Gehalt an Gerbstoff. Papillöse Epidermiszellen wie bei Adoxa finden sich bei keiner Caprifoliaceae, dagegen besitzen die meisten Hydathoden: da jedoch diese ausserordentlich zahlreich auch bei anderen Pflanzen vorkommen, so sind sie von keinem systematischen Wert. Fast dasselbe möchte man von den Armpalisaden behaupten, sie sind auch weit verbreitet und wurden neben Sambucus auch bei Viburnum, Diervilla und Lonicera gefunden, bei Symphoricarpus und Linnaea fehlen sie. Besonders schön sind die Armpalisaden bei Diervilla ausgebildet und da sie rot gefärbt sind und durch ihren reichen Gehalt an Gerbstoff leicht schwarz zu färben sind, so eignen sie sich sehr gut zu Demonstrationszwecken.

Bei keinem Caprifoliaceenblatt wurde ein Leitbündelverlauf gefunden ähnlich dem von Adoxa.

Der Blütenstengel.

Die gründlichsten Beobachtungen über den Blütenstengel von Adoxa verdanken wir Wydler[1], daneben haben Beiträge geliefert Irmisch, Payer, A. Braun, Eichler, Giltay, Novak, Lagerberg und Eichinger. Der normale Blütenstengel entspringt aus der Rhizomzwiebel und zwar aus der Achsel einer Schuppe oder eines grundständigen Laubblattes. Da die Spitze des Rhizoms als Rhizom weiter wächst, so ist der Blütenstengel ein Seitenzweig. (Fig. 14.) Schwache Pflanzen haben nur einen, starke bis drei Blütenstengel am Rhizom. In seltenen Fällen entsteht ein Blütenstengel auch in den Achseln von Schuppen, welche weiter rückwärts am dünnen Teil des Rhizoms stehen. Da der Blütenstengel im Herbst gebildet wird, so kann er sich im Frühling rasch entfalten, er kommt dann nutierend aus dem Schutz seiner Tragblätter und streckt sich in zwei Phasen rasch empor, zuerst erfolgt eine Streckung der Zone unterhalb der beiden stengelständigen Laubblätter, später, vor der Blüte, streckt sich auch der obere Teil. Beide Streckungen erfolgen ohne Zellvermehrung, wir dürfen also bei der anatomischen Untersuchung lange Zellen erwarten. Die Grösse der ganzen Achse beträgt 8—10 cm, der untere Teil ist meist etwas länger als der obere. Unten ist der Stengel etwa $2-2^1/_2$ mm, oben $1-1^1/_2$ mm dick, beide Teile sind vierkantig, aber ihre Diagonalen divergieren um 45°. (Fig. 23.) Das untere Viereck liegt so, dass eine Diagonale in die Medianebene des Tragblattes fällt, dieser Teil wendet deshalb dem Tragblatt und der Abstammungsachse je eine Kante zu, der obere Teil wendet ihnen eine Fläche zu. Zwischen den Kanten verlaufen flache Rinnen. Der Stengel ist meist blass, kann aber im oberen Teil auch ergrünen. Dann verwandeln sich seine Atemspalten in normale Spaltöffnungen. Der anatomische Bau des Stengels ist sehr einfach, doch war der Verlauf

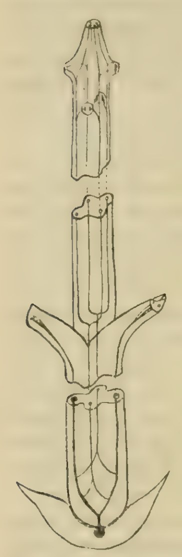


Fig. 23. Blütenstengel von Adoxa. Unten das Tragblatt quer. In der Mitte beide stengelständigen Laubblätter. Oben die durchschnittenen Blütenstiele.

der Leitbündel bis dato unbekannt. Alle Zellelemente sind langgestreckt, auffällig sind die oft aussergewöhnlich langen Kerne in diesem Teil der Pflanze. Der normale Stengel hat vier Leitbündel, zwei starke, welche in die stengelständigen Blätter führen und zwei schwache, welche zu den Blüten führen. Ausnahmsweise kommen auch drei und fünf Leitbündel vor. Alle Leitbündel nehmen unten ihren Ursprung von einem gemeinsamen Stamm, der vom Leitbündel des Tragblattes kommt. (Fig. 23.) Zuerst entstehen die beiden starken Leitbündel der Stengelblätter, dann zweigen von diesen vier schwache Leitbündel ab, die sich zu zwei vereinigen und zwar erfolgt die Vereinigung der innern Leitbündel, welche auf der Rhizomseite verlaufen, tiefer als die der äussern. Über den Stengelblättern trennen sich die vereinigten Bündel wieder, so dass ihre Zahl wieder vier beträgt. In der Region der Blüten zweigt jedes Leitbündel einen Ast ab, diese treten paarweis in die decussierten Blüten ein, so dass in den Blütenstielen je zwei vertikale Hadromplatten vorhanden sind. Dieser Vorgang wiederholt sich auf jeder Etage, nur die Gipfelblüte bekommt vier Leitbündel. Die Leitbündel sind gefestigt in der Jugend durch Collenchym, später durch Bast und Libriform, sie führen in der Jugend vorwiegend Spiral-, später vorwiegend Leitergefässe. Sie besitzen jedes eine Endodermis, unten verschmelzen die Schutzscheiden. Die Parenchymzellen des Stengels sind mit grosskörniger Stärke gefüllt, besonders im unteren Teil. Eichinger hat um die Leitbündel auch grosse Massen von Sphäriten gefunden, mir ist es nie gelungen, solche nachzuweisen, obschon ich oft genug darnach gesucht habe. Der Stengel hält sich hauptsächlich aufrecht durch Turgor, welke Stengel fallen um. Lässt man einen jungen Stengel trocknen, so macht der obere Teil geringe spiralige Drehungen, ohne dass im Stengel ein besonderes Gewebe dafür entdeckt werden kann. Noch auffallender ist die spiralige Drehung am lebenden Stengel vor der Fruchtreife, hier hilft vielleicht die Schwere der Frucht etwas mit. Über diese Drehung habe ich mir folgende Hypothese gemacht. Da der welkende junge Stengel schon diese Bewegung besitzt, so scheint auch am alten Stengel Abnahme des Tugors die unmittelbare Ursache zu sein. Wir hatten ja schon früher gesehen, dass zur Blütezeit der Stengel ohne Zellvermehrung eine starke Streckung erfährt, es muss also dann auch ein starker Turgor herrschen. Die Gefässe, die um diese Zeit entstehen, suchen als verholzte Elemente diese Länge beizubehalten. Die gespannten Parenchymzellen dagegen suchen sich bei Tugorabnahme zu kontrahieren, beide Elemente wirken also antagonistisch und es resultiert daraus eine spiralige Drehung. Man kann am Modell den Vorgang demonstrieren.

Wydler hat an einem normalen Stengel einen sekundären gefunden, der aus der Achsel des einen stengelständigen Blattes kam, aber nur eine Blüte trug. Ohne Kenntnis dieses Fundes entdeckte ich an starken Gartenpflanzen in den Achseln der Stengelblätter öfter Knospen und versuchte dieselben zur Entfaltung zu zwingen, indem ich die Hauptachse abschnitt; von etwa 80 derartigen Versuchen ist keiner gelungen. Deshalb habe ich an zahlreichen Standorten nach solchen Pflanzen gesucht und im ganzen 7 gefunden, die sekundäre Blütenstengel besassen. Die fünf ersten stammen aus dem Ober- und Unterengadin und ich vermutete, dass hier eine neue Rasse im Entstehen begriffen sei; das hat sich jedoch nicht bestätigt, denn später fand ich gleiche Pflanzen auch am Vorderrhein und am Bodensee. Diese sekundären Blütenstengel sind gebaut wie die normalen und wenn sie auch nur äusserst selten vorkommen, so beweisen sie uns doch, dass in Adoxa die Anlagen schlummern zu einem zusammengesetzten Blütenstande. (Fig. 24.)



Fig 24. Adoxa Pflanze mit sekundären Blütenstengeln.

Der Blütenstengel von Sambucus Ebulus ist zwar als Knospe schon im Herbst vorgebildet tief in der Erde am Rhizom, allein es fehlen noch daran die Blüten. Da diese Stengel aus den Achseln der decussierten Schuppen entspringen, so stehen sie bald lateral, bald dorsal oder ventral. (Fig. 19.) Das Gleiche gilt von den sekundären Rhizomen, die auch dort ihren Ursprung nehmen. Der junge Blütenstengel hat gestauchte Internodien, so dass die decussierten Schuppenpaare mit den Knoten dicht übereinander stehen und das Ganze einen Keil bildet, der die Erde durchbricht und also die junge Pflanze nicht wie Adoxa nutierend herauskommt. Der Innenraum des Keils ist erfüllt mit Gerbstoffköpfchenhaaren. (Fig. 22.) Da die Pflanze bald einen grossen Umfang annimmt und ein starkes Wasserbedürfnis hat, so genügen die Rhizomwurzeln nicht mehr, es wachsen deshalb Adventivwurzeln aus

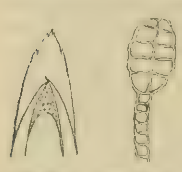


Fig. 22. Spitze des Blütenstengels von Sambucus m. Köpfchenhaaren im Innern.

dem unteren Stengel, bei Adoxa kommt das nicht vor. Während bei Adoxa der Blütenstengel sich nur äusserst selten verzweigt, ist es bei Sambucus die Regel. Die Verzweigung ist hier so intensiv, dass ich auf einer einzigen Pflanze bis 950 Blüten gezählt habe.

Die Anatomie des Blütenstengels von Sambucus hat grosse Ähnlichkeit mit der des Rhizoms. Auch hier ist der Zentralzylinder eine achtkantige Säule, auch hier ist der Markraum gross und die Rinde dünn, allein letztere bildet nicht wie im Rhizom einen gleichmässig dicken Mantel, sondern zeigt durch die Blattspurstränge Kanten und Rinnen. Die Epidermis ist bedeckt mit Borsten und vielzelligen Köpfchenhaaren, subepidermal folgt eine Zellschicht mit rotem Farbstoff und reichem Gerbstoffgehalt. Unter den Rinnen liegt grünes Rindenparenchym, in den Kanten schön ausgebildetes Eckencollenchym. Dann folgt im Gegensatz zu Adoxa eine gemeinsame Endodermis, die mit kleinkörniger Stärke gefüllt ist. Die Gefässe selbst sind ähnlich wie im Rhizom gebaut. Sie sind gefestigt durch Bast und Libriform. Rinde und Mark werden durchzogen von gelben, weitlumigen Gerbstoffschläuchen, in welchen viel Fett enthalten ist, fettreich sind auch die anderen Gewebe. Stärke findet sich vorwiegend am Vegetationspunkt, man kann dort schön beobachten, wie in einem Leucoplasten von verschiedenen Bildungszentren aus das kleine, runde, zusammengesetzte Stärkekorn von Sambucus entsteht. In Rinde und Mark finden sich Zellen, die ganz mit Krystallsand gefüllt sind. Karpotropische Bewegungen fehlen am Sambucusstengel. Fassen wir unsere Ergebnisse zusammen, so müssen sie lauten: Die Anatomie und Physiologie der beiden Blütenstengel ist verschieden. Auch morphologisch bestehen grosse Unterschiede, nur der Typus der Verzweigung ist derselbe. Dieses gemeinsame Merkmal teilen sie mit den übrigen Caprifoliaceen und mit vielen anderen Sympetalen und Choripetalen.

Der Blütenstand.

Wir haben im letzten Kapitel gesehen, dass der Blütenstand von Sambucus aus der decussierten Verzweigung entsteht. Bei Adoxa ist genau das Gleiche der Fall, nur ist diese Verzweigung nicht so prägnant ausgebildet wie dort. Bei Sambucus habe ich bis zur Gipfelblüte 16 Etagen gezählt, bei Adoxa finden wir gewöhnlich nur drei. Bei Sambucus sind alle Etagen mit Blättern besetzt, die nach oben zu immer kleiner werden und in Schuppen endigen, bei Adoxa trägt nur die unterste Etage Laubblätter, oben fehlen normalerweise Blätter und Schuppen. Bei Sambucus beginnt die Verzweigung schon in der untersten Etage, bei Adoxa normalerweise erst in der zweiten.

Bei Sambucus finden wir eine Verzweigung 1. bis 5. Ordnung, bei Adoxa gewöhnlich nur 1. selten auch 2. Ordnung. Bei Sambucus besitzen die Zweige lange Internodien, bei Adoxa kurze. Wir sehen, dass die Blütenstände nach gleichem, decussiertem Grundplan entstehen, durch ungleiche Ausbildung der einzelnen Teile resultieren jedoch Gebilde, die habituell gar keine Ähnlichkeit haben: Bei Adoxa ein knäuelartiger, bei Sambucus ein doldenartiger Blütenstand. Da bei beiden die Endblüten sich zuerst entfalten, so haben diese Blütenstände cymöse Natur. Da unter der Endblüte zahlreiche Seitenäste entspringen, so können wir den Blütenstand als Pleiochasium bezeichnen. Das Pleiochasium ist weit verbreitet, es findet sich z. B. auch in allerlei Modifikationen mit Ausnahme von Alseuosmia bei allen Caprifoliaceen. Wir wollen von diesem nur drei interessante Beispiele herausgreifen:

1. Sambucus Ebulus. Die ganze Pflanze bildet streng genommen ein einziges Pleiochasium, das aber sehr reich ist durch starke Verzweigung.

2. Adoxa. Diese Pflanze hat nur Zweige erster Ordnung, deshalb ist das Pleiochasium arm.

3. Linnaea. In diesem Pleiochasium ist die Hauptachse unterdrückt, es entwickeln sich nur zwei Seitenäste, andere sind durch Schuppen angedeutet. Dieses verarmte Pleiochasium hat nur zwei Blüten.

Bei Symphoricarpus sind die Gipfelblüten rudimentär, so dass das Pleiochasium scheinbar eine Traube ist.

Nachdem wir so den allgemeinen Bau des Blütenstandes kennen gelernt haben, wollen wir bei Adoxa die Details untersuchen. Das normale Pleiochasium von Adoxa besteht aus einer Gipfelblüte und zwei Seitenetagen, wobei auf jeder Etage zwei Blüten gegenüber stehen, zusammen also fünf Blüten. Dieser Blütenstand kann durch mangelhafte Ernährung verarmen, durch Zucht und reichliche Ernährung kann er bereichert werden. Verarmte Pleiochasien habe ich in folgenden Beispielen gefunden:

1. Nur die Gipfelblüte war ausgebildet, Spuren von Seitenetagen fehlten.

2. Nur die Gipfelblüte war ausgebildet, daneben die unterste Etage durch Tragblättchen angedeutet.

3. Wie 2, aber ein Tragblatt und eine Blüte.

4. Wie 2, aber zwei Blüten.

5. Gipfelblüte und unterste Etage komplett, 2. Etage aus einem Tragblatt und einer Blüte bestehend.

Es fehlt mir in dieser Serie nur das Beispiel, in welchem die zweite Etage aus zwei Tragblättern besteht. Während diese verarmten Blütenstände fast alle an natürlichen Standorten gefunden wurden, verdanken die meisten bereicherten Pleiochasien einer direkten Zucht im Botanischen Garten ihre Entstehung. Entsprechend den Verhältnissen am natürlichen Standorte im Walde wurde die an sich schon fruchtbare, lehmhaltige Gartenerde mit flüssigem, organischen Dünger behandelt. Der Erfolg war überraschend, es fand nicht nur eine Bereicherung des Blütenstandes statt, sondern es kamen auch, was eigentlich bei diesem Versuch beabsichtigt war, verlorene Organe wieder zum Vorschein, wir wollen jedoch über diesen Punkt später berichten.

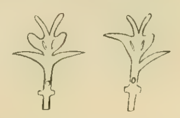


Fig. 29. Die Ausbildung einer 3. Seitenetage im Blütenstand v. Adoxa in Gestalt von Tragblättern.

Bereicherte Pleiochasien: Um zunächst die Häufigkeit dieser Erscheinung zu beweisen, sei mitgeteilt, dass von 142 Gartenpflanzen 69, also fast 50%, ihren Blütenstand bereichert hatten. Diese zerfielen in folgende Kategorien:

1. Es war eine dritte Seitenetage entstanden bei 66 Pflanzen.

2. Es war eine vierte Seitenetage entstanden bei 3 Pflanzen.

Diese neuen Etagen waren ausgebildet:

a) Als 1—2 Tragblätter (Fig. 29).
b) als ein Tragblatt und eine Blüte,
c) als zwei Blüten.



Fig. 27. Vorblätter an einer Adoxa-Blüte.

Eine Bereicherung des Blütenstands fand aber auch in der Weise statt, dass sich Zweige zweiter Ordnung bildeten. Durch die Düngung waren die Pflanzen kräftiger geworden, der Blütenstand war lockerer, die Blütenstiele länger. An diesen Blütenstielen machte sich jetzt die sekundäre Verzweigung bemerkbar, indem Vorblätter erschienen in einer Länge von $^1/_2$—2 mm, im ersten Jahre der Zucht waren sie so häufig, dass sie fast an jedem Blütenstand gefunden wurden. Meist war nur ein Vorblatt ausgebildet und zwar schien weder das rechte noch linke gefördert zu sein. Dagegen war entschieden die unterste Etage in der Ausbildung der Vorblätter bevorzugt, doch wurden Vorblätter auch oft genug an den anderen Etagen gefunden. Dieser Fund entscheidet eine alte Streitfrage: Die Deutung von Kelch und Krone und bestätigt die Angaben Wydlers und A. Brauns, die auch diese Gebilde gefunden hatten, deren Angaben aber nicht allgemein anerkannt worden waren.

Diese Vorblätter sind rudimentäre Organe, sie zeigen keine weitere Differenzierung, Leitbündel fehlen darin. (Fig. 27.) Es kam aber auch aus der Achsel dieser Vorblätter heraus eine echte sekundäre Verzweigung zustande. Freilich waren dann keine Vorblätter vorhanden, aber an ihrer Stelle sekundäre Blüten; im ganzen habe ich 14 solcher Belegpflanzen gesammelt, sie sind also sehr selten. Meist blieben diese Blüten klein, an zwei Pflanzen erreichten sie jedoch Normalgrösse. Das eine dieser Beispiele betrifft eine Treibhauspflanze, die überhaupt den kompliziertesten Blütenstand zeigt, den ich je gesehen habe, indem nämlich 13 Blüten entwickelt waren, während die gewöhnliche Zahl 5 beträgt. (Fig. 31.) An wilden Pflanzen finden sich die Vorblätter und die sekundären Blüten viel seltener, so waren unter 81 Infloreszenzen vom Kunkelspass nur drei, welche Vorblätter und zwei, welche sekundäre Blüten hatten. Unter 134 Inflorescenzen aus der Rofnaschlucht fanden sich nur vier Blüten mit Vorblättern. Bei 107 Infloreszenzen vom Bodensee hatten sechs Blüten Vorblätter. Bei Ilanz fand ich unter 68 Infloreszenzen sieben mit Vorblättern und eine sekundäre Blüte.

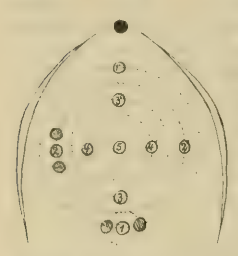


Fig. 31. Reicher Blütenstand von Adoxa.

Auf dem Kunkelspass standen die Pflanzen auf fruchtbarem Moränenlehm, bei Ilanz auf den fruchtbaren Alluvionen der Glenner, die aus dem Bündnerschiefer kommt. Eine günstige Ernährung scheint also auch im Freien die Pflanze so zu kräftigen, dass sie verlorne Organe wieder ausbilden kann, was hauptsächlich ermöglicht wird durch das Längerwerden der Blütenstiele. Als grösste Seltenheit bezeichne ich das gleichzeitige Vorkommen von Tragblättern und Vorblättern, von vielen Hundert Blütenständen habe ich nur fünf solcher Blüten gefunden. In dem dichten Blütenstand scheint auch kein Platz zu sein für die gleichzeitige Ausbildung von Tragblättern und Blüten, eins schliesst das andere aus, normalerweise wird deshalb das Unwichtigere unterdrückt, in unserem Falle das Tragblatt. Am schönsten findet man die Tragblätter in der dritten Seitenetage ausgebildet an Stelle der fehlenden Blüten. Sie können hier bis 1 cm lang werden und stehen in einer interessanten Korrelation mit der Ausbildung des Kelches der Gipfelblüte, auf die wir später noch zurückkommen werden. (Fig. 29.) Wenn nach diesen Beobachtungen ein Rückschluss auf die Phylogenie des Blütenstandes erlaubt ist, so dürfen wir uns vielleicht vorstellen, dass dieser ursprünglich aus einem lockeren Pleiochasium bestand mit Verzweigungen 1.—n. Ordnung, mit Tragblättern und Vorblättern.

Durch unbekannte Faktoren wurde er kompakter, die Verzweigung wurde eine geringere, überflüssige Organe, wie Tragblätter und Vorblätter wurden ausgemerzt, minderwichtige, wie der Kelch, erlitten, wie wir später sehen werden, auch Verluste. So können wir von einem Gesichtspunkt aus fast alle Abweichungen im Bau von Blütenstand und Blüte erklären. Die Vorblätter sind bei vielen Caprifoliaceen hinfällig oder fehlen. Dasselbe können wir von vielen anderen gedrängten Blütenständen behaupten, so dass diese Übereinstimmung wenig sagen will.

Die Blüte im allgemeinen.

Der Streit der Meinungen hat über die Adoxablüte eine grosse Literatur erzeugt, trotzdem herrscht in der Deutung der einzelnen Blütenteile auch heute noch keine Einigkeit. Wir können die Forscher, welche sich an der Polemik beteiligten, in folgende drei Gruppen einteilen:

1. Theorie von Eichler: Ein Kelch fehlt, der Pseudokelch ist ein Involucrum, entstanden aus einem Tragblatt und zwei Vorblättern. Krone vorhanden. Auf diesem Standpunkt stehen auch Giltay, Novak und Fritsch.
2. Theorie von Drude: Die Blüte besteht aus einem Involucrum und Kelch, Krone fehlt.
3. Theorie von Wydler: Die Blüte besteht aus Kelch und Krone. Ihm schliessen sich an: Payer, A. Braun, Schumann, Engler, Eichinger und Lagerberg. Auch Eichler vertritt im zweiten Teil seiner Blütendiagramme diese Auffassung.

Durch den Fund von Vorblättern ist der Streit jetzt endgültig zugunsten der letzten Theorie entschieden.

Adoxa besitzt eine tetracyclische, tetra- oder pentamere Blüte, die ⊕ oder ↓ ist. Ihr Habitus erinnert an die grünlichen Blüten vom Efeu. Eigentümlich ist die Stellung der Seitenblüte zur Abstammungsachse, das mediane Kelchblatt steht nach vorn, wie wir es auch bei Lobelia, Rhododendron und Jasminum finden. Wenn diese Stellung durch Drehung der Blüte entstanden ist, dann muss diese Drehung oberhalb der Vorblätter geschehen sein, denn ich fand die Vorblätter stets normal orientiert. Diese Blütenstellung fehlt bei den Caprifoliaceen.

Der Kelch.

Wir müssen den Kelch von Seiten- und Endblüte getrennt behandeln, wegen ihrer grossen Verschiedenheit.

Der Kelch der Seitenblüte ist meist dreiteilig, wobei zwei Zipfel nach hinten, einer median nach vorn stehen. Da der Fruchtknoten halb in die Blütenachse versenkt ist, so ist der Kelch mit dem Rande der Achse emporgerückt und steht ungefähr in der Mitte des Fruchtknotens, was besonders an der reifen Frucht auffällt. Bei Sambucus ist dieser Prozess noch viel weiter vorgeschritten, dort stehen die Zipfel an der Spitze des Fruchtknotens und der reifen Frucht. Wir würden demnach die Adoxablüte als halb epigyn, die Sambucusblüte als ganz epigyn bezeichnen. Der Rand der Blütenachse bildet bei Adoxa einen ringförmigen Wulst, an welchem die drei dicken, fleischigen, dreieckigen Kelchzipfel sitzen. Gewöhnlich ist der untere Kelchzipfel der längste. Alle zusammen bilden ein gleichschenkliges Dreieck mit langer Spitze nach unten. Die Anatomie des Kelches ist einfach, die obere Epidermis hat undulierte, die untere meist gerade Zellwände. Spaltöffnungen kommen auf beiden Seiten vor, unten in grösserer Zahl. Das Innere besteht aus Parenchym, in welchem reichlich grosskörnige Stärke gespeichert ist. Leitbündel treten nur selten in die Kelchzipfel ein. Der Kelch ist ausdauernd und findet sich daher an der reifen Frucht. Der Kelch von Sambucus besitzt keine Ähnlichkeit mit dem Adoxakelch. Er ist viel kleiner und besitzt fünf Zipfel, deren obere und untere Epidermis gerade Wände hat und deren Oberfläche zahlreiche Cuticularfalten zeigt. Spaltöffnungen kommen nur unten vor. Dort stehen auch Borsten und Köpfchenhaare. Die Zipfel sind dünn, Stärke fehlt im Parenchym, ein starkes Leitbündel führt in die Spitze. Nur in einem Punkt sind beide Kelche ähnlich: Sie zeigen beide Reduktionserscheinungen und zwar Adoxa in der Unterdrückung einzelner Teile und in geringer anatomischer Differenzierung, Sambucus in geringer Grösse. Allein systematisch lässt sich dieses Merkmal nicht verwerten, es ist höchst wahrscheinlich eine Konvergenzerscheinung, die wir bei den meisten Pflanzen mit dichten Blütenständen antreffen. Wir dürfen nicht vergessen, dass der junge Blütenstand von Sambucus zur Zeit, da der Kelch angelegt wird, auch noch sehr dicht ist. Verschiedenen früheren Beobachtern war es aufgefallen, dass der Adoxakelch in bezug auf

a b c d e f g

h i k l

Fig. 30. Der Kelch der Seitenblüte von Adoxa in seinen Modifikationen.

die Zahl und Stellung seiner Zipfel sehr variabel ist, deshalb wurde von mir versucht, Genaueres darüber zu erfahren. Es kommen am Kelch Bildungen vor, die eine solche extreme Stellung einnehmen, dass man nicht weiss, ob es sich um Kelch-, Vor- oder Tragblätter handelt. Solche Fälle wurden nicht in Betracht gezogen und nur die ganz sicheren Funde verwertet. In Fig. 30 sind die verschiedenen Modifikationen dargestellt, in denen der Kelch von mir beobachtet wurde. Es fand sich unter 296 Gartenblüten:

a	—	6mal	g	—	3mal
b	—	248 „	h	—	2 „
c	—	23 „	i	—	3 „
d	—	3 „	k	—	1 „
e	—	4 „	l	—	2 „
f	—	1 „			

Aus dieser Tabelle können wir Verschiedenes lernen, wenn wir berücksichtigen, dass b der Kelch der normalen Seitenblüte ist. Sie zeigt uns zunächst, dass die häufigsten Variationen vier- und fünfzipfelige Kelche sind. Aus den Zahlen, die in den übrigen Zyklen herrschen, können wir schon auf einen ursprünglich fünfzipfligen Kelch schliessen, hier wird es uns ad oculos demonstriert. Wir müssen demnach a und c als atavistische oder regressive Erscheinungen deuten. Damit erkennen wir aber gleichzeitig an, dass bei Adoxa die Tendenz herrscht, den Kelch zu reduzieren. Zur Zeit hat der Kelch drei Zipfel, es treten aber schon Fälle auf, die eine geringere Zahl zeigen und die erkennen lassen, dass es mit der Zukunft des Adoxakelches übel bestellt ist. Wir werden deshalb die Beispiele k und l als Progressionen deuten dürfen. Ich vermute, dass die eigentliche Ursache dieser Reduktion in dem Kompakterwerden des Blütenstandes zu suchen ist. Die Variationen am Kelch erfolgen ganz unabhängig von den andern Blütenzyklen, es konnten dort sogar gleichzeitig Variationen in ganz entgegengesetzter Richtung vorkommen. Es wurde auch untersucht, ob an wilden Pflanzen diese Variationen ebenso häufig vorkommen.

Von 260 Blüten vom Bodensee waren vertreten:

a	—	1mal
b	—	249 „
e	—	5 „
i	—	3 „
l	—	2 „

Ilanz, 60 Seitenblüten:

b — 60mal

Kunkelspass, 364 Seitenblüten:

b — 348mal
c — 5 „
d — 1 „
e — 2 „
f — 8 „

Rofna-Schlucht, 595 Seitenblüten:

a — 1mal
b — 580 „
d — 1 „
f — 11 „
h — 2 „

Mürtschenstock, 40 Seitenblüten:

b — 37mal
d — 1 „
f — 2 „

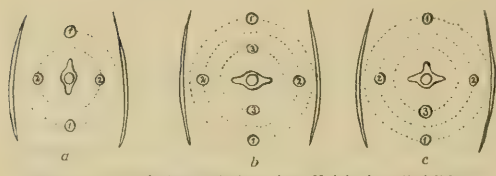


Fig. 39. Korrelation zwischen dem Kelch der Gipfelblüte und den Seitenetagen:
a) Bei 2 Seitenetagen stehen die 2 Kelchzipfel median.
b) „ 3 „ „ sie transversal.
c) „ $2^1/_2$ „ „ „ „ und in der Lücke der 3. Etage steht ein 3. Kelchzipfel.

Die Fälle von f und g sind oft schwer zu unterscheiden, weil die beiden Kelchzipfel meist in einer vertikalen Ebene liegen, ähnlich so, wie wir es später beim Kelch der Gipfelblüte sehen werden. Wir erkennen aus diesen Listen, dass bei wilden Pflanzen die Variationen auch vorkommen, aber seltener sind, besonders die regressiven Beispiele. Da die Blütenstände der wilden Pflanze kompakter sind, so steht diese Erscheinung im Einklang mit meinem Deutungsversuch über die Ursachen der Variationen.

Über den Kelch der Gipfelblüte können wir uns kurz fassen, wir wollen nur die Korrelationen kennen lernen, die sich dort bemerkbar machen. Im Blütenstand mit zwei Seitenetagen ist der Gipfelkelch meist zweizipflig. (Fig. 39a.) Beide Zipfel liegen in der Vertikalebene der untersten Etage. Wollen wir unser allgemeines Erklärungsprinzip des Blütenstandes heranziehen, so können wir sagen: Die medianen Zipfel konnten sich ausbilden, weil in dieser Ebene Platz vorhanden war, die beiden lateralen Zipfel wurden unter-

drückt, weil sich dort direkt unter der Gipfelblüte die zweite Etage ausbildete. Wenn der Blütenstand drei Seitenetagen hat, dann ist der Gipfelkelch auch meist zweizipflig, aber jetzt liegen die beiden Zipfel anders, nämlich in der Vertikalebene der zweiten Etage (von unten gezählt), weil jetzt dort der grösste Raum zur Verfügung steht. (Fig. 39 b.) Wenn die dritte Etage nur auf einer Seite ausgebildet ist, so pflegt der Gipfelkelch dreizipflig zu sein und zwar steht dann der dritte Zipfel auf der Seite, wo die dritte Etage eine Lücke hat. (Fig. 39 e und 29.) Es sind hier nur die drei typischsten Beispiele gezeigt worden, sie liessen sich noch vermehren. Wir erkennen aus ihnen, dass der Gipfelkelch gewöhnlich diejenigen Zipfel unterdrückt, die in der Ebene der nächstunteren Etage liegen. Im übrigen wurden sowohl bei der tetrameren als auch pentameren Gipfelblüte ähnliche Variationen regressiver und progressiver Natur beobachtet, wie bei den Seitenblüten.

Die Krone.

Zur Kenntnis der Krone haben am meisten beigetragen Wydler[1-4] (Deckung), Payer (Entwicklungsgeschichte), Giltay (Spaltungen), und Novak[2] (Honigdrüsen).

Die Krone der Seitenblüte ist meist pentamer, häufig tetramer und hexamer, letzteres durch Spaltung. Ihre Entwicklung verläuft absteigend, ebenso ist auch ihre häufigste Deckung. Die verschiedenen Deckungs-Variationen, die sonst noch vorkommen, wollen wir hier übergehen, weil sie keinen systematischen Wert haben. Die Krone ist zygomorph, weil die oberen älteren Blätter grösser als die jüngeren unteren sind. Die Spaltungen beginnen in der Regel auch oben und sind so häufig, dass man in kürzester Zeit alle Übergänge von der pentameren zur hexameren Krone zusammenstellen kann. Sie stehen gewöhnlich in Korrelation mit Vermehrung im Androecium, sind jedoch unabhängig von den Veränderungen am Kelch. Die ganze Krone hat einen Durchmesser von etwa 8 mm, das einzelne Blatt ist 3 mm lang, 2½ mm breit, es ist oval und hat eine stumpfe Spitze. Die Krone ist sympetal und von grünlichgelber Farbe. Sie wird schon im Herbst angelegt, entfaltet sich sehr rasch im Frühjahre, ist je nach der Temperatur 8—14 Tage geöffnet und schliesst sich dann durch Schrumpfungserscheinungen, wodurch eine Selbstbestäubung zustande kommt, wie wir später sehen werden. Während der Blüte hat sie einen Geruch wie faules Wasser. Später fällt die Krone ab. Die Anatomie ist einfach. Die obere Epidermis besteht aus geraden und undulierten, die untere nur aus undulierten Zellen. Spaltöffnungen

finden sich auf beiden Seiten, besonders unten. Auf der Oberseite stehen an der Basis des mittleren Blattes etwa 30 vielzellige, kurzgestielte, köpfchenförmige Honigdrüsen. (Fig. 34 Ho.) Novak deutet sie als umgewandelte Staubblätter und lässt ein Leitbündel hineingehen. Lagerberg[1] bestreitet das Letztere und ich kann ihm nur beipflichten. Die Drüsen sondern reichlich Honig ab. Jedes Kronblatt wird von einem Leitbündel ernährt, das hervorgeht aus einem Stamm, der auch je einen Ast in die Samenanlage und den Griffel schickt. (Fig. 33 und 34 C.) Beim Eintritt des Leitbündels in das Kronblatt zweigt es direkt rechts und links einen Ast ab und teilt sich weiter nicht mehr. Das junge Kronblatt enthält kleinkörnige Stärke. Die Krone der Gipfelblüte ist meist tetramer, aber auch sehr häufig pentamer, ihre Teile entwickeln sich gleichzeitig, daher ist sie actinomorph, im übrigen gleicht sie der Krone der Seitenblüten. Die Krone von Sambucus hat keine Ähnlichkeit mit der von Adoxa. Sie ist zwar auch pentamer, zuweilen auch tetra- und hexamer. Ihre Deckung ist valvat, während die von Adoxa imbricat ist. Die übrigen Sambucusarten haben allerdings auch imbricate Deckung. Die Krone von Sambucus Ebulus ist actinomorph und wird erst im Frühjahre angelegt. Ihre Farbe ist rötlichweiss, die von Adoxa grünlich. Sie ist sehr hinfällig und besitzt keine Honigdrüsen. Auch anatomisch ist sie unterschieden, die Epidermis-Zellwände sind oben und unten gerade, Stomata sind nur unterseits vorhanden. Es tritt ein Leitbündel in das Blatt ein und verzweigt sich baumförmig, also anders als bei Adoxa. Man findet im Blatt kleinkörnige Stärke. Die Kronen der übrigen Caprifoliaceen haben mit Adoxa keine Ähnlichkeit, nur Honigdrüsen von ähnlichem Bau fand ich bei Symphoricarpus und Linnaea. Da uns über diese Organe eine genaue Literatur fehlt, so kann man nicht beurteilen, ob diese Übereinstimmung systematischen Wert hat.

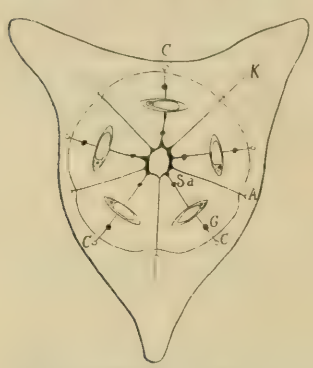


Fig. 33. Leitbündel in der Frucht v. Adoxa. K = Kelch; C = Krone; A = Staubblätter; G = Griffel; Sa = Samenanlage.

Das Androeceum.

Über das Androeceum sind wir gut unterrichtet durch Wydler[1-4], Payer, Schenk, Drude, Eichler, Novak[1-2], Eichinger, Lagerberg[3] und

Kuhn. Das Androeceum steht auf einem ringförmigen Wulst, der sich an der Basis der Kronblätter über diese erhebt. Es besteht in der normalen Blüte aus einem Kreis episepaler, gespaltener Staubblätter. Diese treten zuweilen petaloid auf, bald halb, bald ganz, Serien mit allen Übergängen kann man leicht zusammenstellen. Payer hat entwicklungsgeschichtlich gezeigt, dass die Staubblätter der Anlage nach

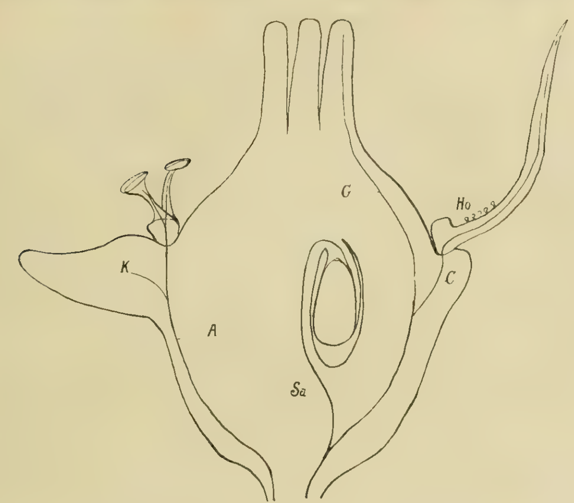


Fig. 34. Blüte und Frucht von Adoxa längs (Schema). Bezeichnung wie bei Fig. 33. Ho = Honigdrüsen.

introrss sind, die reife Antherenhälfte öffnet sich durch einen terminalen Längsriss. Die Spaltung der Staubblätter kann mehr oder weniger vollständig sein, man findet auch ungespaltene. Jede Hälfte hat ein Leitbündel, beide verschmelzen an der Basis zu einem einzigen. Dieses kommt isoliert aus dem Blütenstiel und schickt unterwegs manchmal noch einen schwachen Ast in den Kelch. (Fig. 33 und 34 A.) In den Seitenblüten reifen die Staubblätter ähnlich wie die Krone absteigend, in der Gipfelblüte sind diejenigen zuerst reif, welche in der Vertikalebene der untersten Etage liegen. Das hat mit Decussatie nichts zu tun, wie Eichinger gemeint hat, denn in der Blüte herrscht keine Decussatie. Die Entwicklung der Antheren, Tetradenteilung und Pollenentwicklung hat uns Lagerberg eingehend geschildert, wir können diese Punkte daher hier übergehen. Das

Gleiche gilt vom Endothecium, von dem Kuhn jüngst mitgeteilt hat, dass es aus Griffzellen besteht. Dagegen möchte ich noch auf eine Erscheinung aufmerksam machen, welche vielleicht hohen systematischen oder phylogenetischen Wert hat. Schenk fand schon zwischen den Staubblättern kleine Blättchen und deutete sie als gehemmte Staubblätter, er rechnete sie aber zu den Missbildungen. Ich habe diese Bildungen genauer studiert. Sie stehen auf demselben Ring wie die Staubblätter und sind etwa 4 mm lang, 2 mm breit und kommen in denselben Metamorphosen vor wie die Staubblätter. Man kann auch bei ihnen genau wie beim Staubblatt alle Übergänge vom Petaloid zum gespaltenen und ungespaltenen Staubblatt sammeln, so dass wir über die Natur dieser Bildungen nicht mehr im Zweifel sein können: Sie sind die Reste des epipetalen Staminalkreises. Sie wurden gefunden über allen Kronblättern, am häufigsten über dem obersten der Seitenblüte, in Fig. 28 ist eine Blüte mit drei solcher Petaloide dargestellt. Sie sind in diesem Stadium im Gegensatz zu den Staubblättern nicht gespalten. Mit den Kronblättern, vor denen sie stehen, zeigen sie deutliche Korrelation, spaltet sich das Kronblatt, so spaltet sich auch das Petaloid und ist dann meist als echtes Staubblatt ausgebildet. So kommt es, dass wir in Blüten, welche eine hexamere Krone haben, 12 Staubblätter finden. Von diesen 12 gehören zwei dem unterdrückten inneren Kreis an. Es wurden aber auch gespaltene Petaloide vor ungespaltenen Kronblättern gefunden, desgleichen echte Staubblätter an gleichem Ort. Nach diesen Funden müssen wir die Vorfahren von Adoxa unter diplostemonen Pflanzen suchen.



Fig. 28. Das Erscheinen eines 2. Staubblattkreises bei Adoxa in Gestalt von Petaloiden.

Sambucus hat nur den episepalen Staubblattkreis ausgebildet, von einem anderen fehlen alle Spuren. Die Staubblätter sind nicht gespalten. Schon Eichinger hat mit negativem Erfolg nach gespaltenen Staubblättern gesucht, auch ich habe unter wenigstens 200,000 Blüten keine gefunden. Die Staubblätter sind im Gegensatz zu Adoxa extrors. Ihre Filamente zeigen sonderbare Flügelbildungen. Ein Ringwulst fehlt. Das Endothecium besteht nach Kuhn aus quer gestreckten Bank- und Griffzellen, gleicht also demjenigen von Adoxa. Auch der Pollen ist genau so wie der von Adoxa, er hat ellipsoidische Gestalt, die Exine ist gekörnelt und durch Längsrisse in drei Eelder geteilt. Eine Korrelation zwischen Krone und Androeceum wurde auch konstatiert: war erstere tetramer, so fanden sich vier Staubblätter, hexamere Kronen wurden von sechs Staubblättern begleitet. Ob das sechste Staubblatt aus einem zweiten Kreis genommen wurde, oder

einfach durch Vermehrung im ersten Kreise entstanden war, konnte nicht festgestellt werden. Überschauen wir unsere Ergebnisse, so finden wir in Androeceum beider Pflanzen neben grossen Unterschieden einige gemeinschaftliche Merkmale, allein letztere teilen sie mit vielen anderen Pflanzen. Unter den übrigen Caprifoliaceen finden wir im Androeceum keine Beziehung zu Adoxa.

Das Gynoeceum.

Das Gynoeceum von Adoxa ist uns durch die Untersuchung verschiedener Forscher genau bekannt. Payer stellte fest, dass sich in der Seitenblüte die Carpelle absteigend, in der Gipfelblüte gleichzeitig entwickeln. Jönsson entdeckte, dass die Archesporzelle ohne weitere Zellteilungen zum Embryosack wird und stellte damit einen neuen Typ der Embryosackentwicklung auf. Eichinger verglich die embryologische Entwicklung von Adoxa und Sambucus und fand nahe Beziehungen zwischen beiden Pflanzen. Die neueste und beste Arbeit über diesen Gegenstand hat uns jüngst Lagerberg[3] geliefert. Auf Grund seiner Untersuchung konstatierte er eine nahe Verwandtschaft zwischen beiden Pflanzen. Adoxa und Sambucus wurden seit 1907 auch von mir embryologisch untersucht, da jedoch Lagerberg meiner Publikation zuvorgekommen ist, so kann ich mich in diesem Teile kurz fassen, um so mehr, als ich die schönen Untersuchungen Lagerbergs in vollem Umfange bestätigen kann.

In der Zahl der Carpelle stimmen beide Pflanzen nicht überein. Adoxa hat in den Seitenblüten normal fünf, in der Gipfelblüte vier, Sambucus normal drei, seltener vier und zwei Carpelle. Sie liefern bei Adoxa oben freie Griffel die so lang wie der Fruchtknoten sind, dagegen sind sie bei Sambucus ganz kurz. Allein Lagerberg hat nachgewiesen, dass dieser Unterschied nur unwesentlich ist und dass die Griffel sich anatomisch gleichen, was besonders darin seinen Ausdruck findet, dass sie beide ein leitendes Gewebe für die Pollenschläuche besitzen. Jedes Carpell bildet ein Fach, das in der Jugend mehr oder weniger dreieckig, später tangential abgeflacht ist. (Fig. 32.) Die obere Innenseite des Faches bildet die Placenta. Dort hängt in jedem Fache eine anatrope Samenanlage herab. (Fig. 34.) Lagerberg hat gezeigt, dass in der ersten Entwicklung die Micropyle nach innen gerichtet ist, dass aber die reife Samenanlage sich so gedreht hat, dass sie jetzt nach der Seite gekehrt ist. Ich kann ihm Eichinger gegenüber, der die Sache anders darstellt, nur recht geben. Die Samenanlage hat nur ein Integument, der Nucellus ist einschichtig. Aus dem Archespor entsteht direkt der Embryosack. In diesem findet

die hetero- und homöotypische Teilung statt, die Lagerberg bei beiden Pflanzen gleich findet. Der Pollenschlauch wächst im leitenden Gewebe abwärts und dringt durch die Micropyle ein. Die Entwicklung nach der Befruchtung verläuft bei beiden Pflanzen etwas verschieden. Der Embryo von Adoxa entwickelt sich sehr langsam, derjenige von Sambucus sehr schnell, ersterer ist im reifen Samen wenig zellig, letzterer füllt die ganze Länge des Samens aus. Auch die Entwicklung des Endosperms stimmt nicht ganz überein. Ich möchte noch hinzufügen, dass trotz dieser weitgehenden Übereinstimmung der innere Habitus der beiden Fruchtknoten doch recht verschieden ist. Derjenige von Sambucus ist kleinzelliger und mit Krystallsand gefüllt, besonders unter der Narbe, die Zellen absorbieren auch rascher die Farben, als diejenigen von Adoxa. Eichinger hat nachgewiesen, dass sich bei Adoxa unterhalb des Embryosacks zuweilen eine grössere Zelle findet, die ähnliche Kernteilungen zeigt wie der Embryosack. Ich habe dieselbe nicht gefunden, sie scheint also nicht häufig vorzukommen.

Bei den Caprifoliaceen herrscht stark die Tendenz, die Zahl der Carpelle und der Samenanlagen zu reduzieren. Die Gattung Sambucus hat ursprünglich ein pentameres Gynoeceum, heute finden wir dieses nur noch bei Sambucus canadensis L., Tetramerie ist aber dort schon häufig. Sambucus Gaudichaudiana D. C. hat ein tetrameres oder trimeres Gynoeceum, Sambucus nigra L., racemosa L. und Ebulus L. sind im Gynoeceum trimer. Als regressive Erscheinung habe ich bei Sambucus Ebulus oft vier, aber nie fünf Carpelle gefunden, als Progression deute ich diejenigen Blüten, welche zwei Carpelle besassen. Ähnliche Reihen kann man auch bei den übrigen Caprifoliaceen zusammenstellen. Interessant war mir die Frage, ob sich bei Adoxa vielleicht auch diese Tendenz geltend macht:

I. Carpelle der Gipfelblüte.

1. Gartenpflanzen 82:	5	Carpelle,	28	Pflanzen	=	30 %
	4	„	51	„	=	66 %
	3	„	3	„	=	4 %
2. Pfl. vom Bodensee 56:	5	„	6	„	=	8 1/3 %
	4	„	50	„	=	91 2/3 %
3. Pfl. aus Baden 34:	5	„	1	„	=	3 %
	4	„	33	„	=	97 %
4. Pfl. von Ilanz 100:	5	„	5	„	=	5 %
	4	„	95	„	=	95 %
5. Pfl. Rofna-Schlucht 130:	5	„	10	„	=	7 3/4 %
	4	„	118	„	=	90 3/4 %
	3	„	2	„	=	1 1/2 %

Wir beobachten hier dieselbe Erscheinung wie bei Sambucus, und da wir Adoxa von einer pentameren Blüte ableiten, so dürfen wir auch hier die Pentamerie als Rückschlag, die Trimerie als Progression deuten. Da bei Adoxa der Rückschlag häufiger vorkommt, als die Progression, so ist vom phylogenetischen Standpunkt aus betrachtet Sambucus höher entwickelt als Adoxa. Das tritt noch deutlicher in Erscheinung bei der Seitenblüte, bei der ja normal Pentamerie herrscht, bei der also schon Tetramerie eine Progression darstellt. Häufig sind hier die Pflanzen mit vier, selten diejenige mit drei Carpellen. Wir sehen aus allem, dass Adoxa zwar auch wie Sambucus schwach die Tendenz hat, die Zahl der Carpelle zu reduzieren, dass sie aber ursprünglicher und ihrem Ahnen, der pentameren, diplostemonen Blüte noch näher ist als Sambucus; das beweisen ihre Pentamerie in den Seitenblüten, ihre häufigen Rückschläge der Gipfelblüte zur Pentamerie und das Erscheinen von Petaloiden an Stelle des unterdrückten Staminalkreises. Ob nun Adoxa mit Sambucus verwandt ist oder nicht, so müssen wir sie auf jeden Fall bei den Sympetalen tiefer placieren als Sambucus. Übrigens muss die Tendenz zur Reduktion des Gynoeceums, die sich bei beiden Pflanzen geltend macht, nicht unbedingt ein Zeichen von Verwandtschaft sein, es kann sich ebenso gut um eine Konvergenzerscheinung handeln. Das sehen wir aus folgender Überlegung. Ein Blütenstand mit vielen Blüten hat es nicht nötig, so viele Carpelle und Samenanlagen anzulegen, als eine Pflanze mit Einzelblüten. Wir finden daher nach dem Gesetz der Ökonomie in den reichen Blütenständen häufig Reduktionen im Gynoeceum, selbst bei nicht verwandten Pflanzen, ich erinnere nur an Umbelliferen und Compositen. Wir können sogar noch weiter gehen und behaupten: Eine reichblütige Infloresсenz wie die von Sambucus wird stärkere Reduktionen aufweisen als eine armblütige, z. B. Adoxa. So kommen wir auch hier in Erklärung ähnlicher Erscheinungen ohne Verwandtschaft aus.

Es bleibt noch zu untersuchen, ob Gynoeceum und Krone gleichzeitig in gleichem Sinne variieren und ihre Zahlenverhältnisse dieselben sind. Bei 26 abweichend gebauten Gipfelblüten wurden folgende Zahlen festgestellt:

3	Carpelle	und	5	Kronbl.	bei	1	Pfl.
4	„	„	5	„	„	5	„
5	„	„	4	„	„	6	„
5	„	„	5	„	„	12	„
5	„	„	6	„	„	2	„

Man sieht aus dieser Liste, dass die Variationen meist gleichzählig verlaufen, dass aber Ausnahmen häufig sind. Die gleiche

Beobachtung kann man auch an Seitenblüten machen. Von 70 fünfblütigen Inflorescenzen vom Kunkelspass hatten nur 20 regelmässige fünfzählige Seitenblüten, die anderen waren reduziert. Es kamen verschiedene Pflanzen vor, in deren Blütenstand alle Seitenblüten ganz tetramer gebaut waren. Näheres bringt folgende Tabelle: Von 32 Inflorescenzen aus dem Garten waren nur bei 10 Pflanzen alle Seitenblüten pentamer, in den andern Blütenständen waren die abweichend gebauten Blüten bald in Ein-, bald in Mehrzahl vorhanden:

3 Carp.	4 Kronbl.	1 Blüte
3 „	5 „	2 „
4 „	4 „	12 „
4 „	5 „	32 „
4 „	6 „	6 „
5 „	4 „	1 „
5 „	6 „	3 „

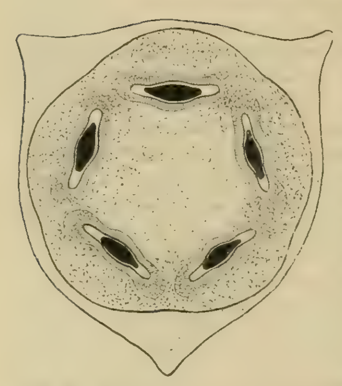


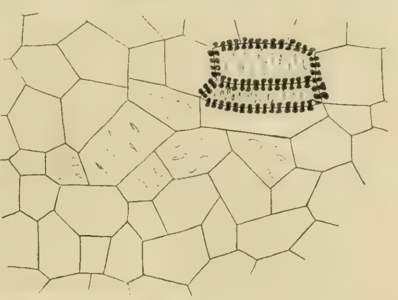
Fig. 32. Reife Frucht von Adoxa quer.

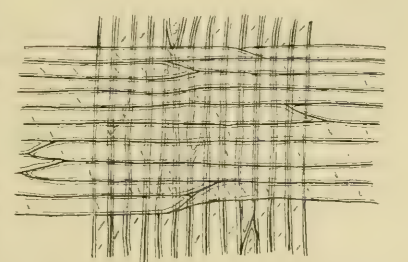
Es kommen zuweilen Blüten mit mehr als 5 Carpellen vor, ich betrachte sie als teratologische Erscheinungen. Bei einer so grossen Variabilität liegt die Frage nahe, ob nicht in abgeschlossenen Gebieten Formen vorkommen, mit abweichenden, aber fixierten Zahlenverhältnissen in der Blüte. Nach meinen an zahlreichen Standorten gesammelten Erfahrungen glaube ich dies wenigstens für die Schweiz verneinen zu können. Ob die im Himalaya vorkommende Adoxa Moschatellina var. inodora Falc., deren Gipfelblüte angeblich immer pentamer und deren Seitenblüten immer hexamer sein sollen, sich von der normalen Adoxa wirklich immer abweichend verhalten, bedarf der Nachprüfung, um so mehr, als wir derartige Formen auch ziemlich häufig bei uns finden. Die beiden Blütenstände, die mir aus dem Himalaya zur Verfügung standen, stimmten mit der Beschreibung Clarkes in Hookers Fl. of Br. India überein.

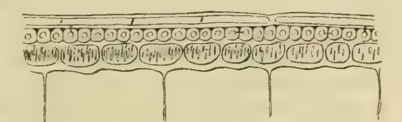
Die Frucht.

Die Frucht von Adoxa ist von Lagerberg beschrieben worden, ich kann die Angaben dieses Forschers bestätigen und brauche nur

wenig hinzuzufügen. In der Ebene ist die Frucht etwa Mitte Juni reif, sie hat dann in Farbe und Grösse einige Ähnlichkeit mit weissen Johannisbeeren, jedoch mit dem Unterschied, dass bei Adoxa um den oberen Teil der Frucht ein Ring läuft, an welchem die Kelchzipfel sitzen. Die Frucht hat dann einen Duft wie Erdbeeren und einen säuerlichen, angenehmen Geschmack. Vor der Reife ist sie reich an Citronensäure. Im durchschimmernden Fleisch sieht man die Steine liegen. An der Spitze der Frucht stehen mehr oder weniger geschrumpft noch die Reste der Griffel. Durch die karpotropischen Bewegungen des Blütenstengels hängt der Fruchtstand meist dicht über dem Boden. Die Früchte faulen bald. Fig. 32 zeigt eine Frucht im Querschnitt in der Höhe der Kelchzipfel, die Stärke ist durch Punkte dargestellt. Die ganze Frucht ist reich mit Stärke gefüllt, am meisten ausserhalb der Steine, nur in der grosszelligen, hellen Zone um die Steine fehlt die Stärke. Die Epidermis besteht aus geradwandigen Zellen und besitzt Spaltöffnungen. Darunter folgt das Fruchtfleisch, es ist vor der Reife voll Chlorophyll und Leucoplasten, später voll grosskörniger Stärke und einzelnen Calciumoxalat-Kristallen. Dann folgt die helle Zone, gebildet von sehr grossen Zellen, welche Schleim enthalten. Unter ihnen liegt der lederartige Stein,


Fig. 35. Junger Stein von Adoxa von aussen. (Nur 2 Zellen sind ausgezeichnet).


Fig. 36. Junger Stein von Adoxa von innen.


Fig. 37. Junger Stein von Adoxa quer. Innen: 2 Schichten Fasern. Mitte: 1 Schicht Nährzellen. Aussen: 1 Schicht Schleimzellen.

welcher in der Jugend aus drei Zellschichten gebildet wird. Die äusserste Schicht ist in Fig. 35 dargestellt; sie besteht aus tafelförmigen, geradwandigen Zellen mit verdickten Wänden, die Tüpfel derselben haben einige Ähnlichkeit mit Hoftüpfeln, doch ist die Schliesswand nicht verdickt, auch sind sie oft langgestreckt. Lagerberg gibt an, dass diese Zellen in der Jugend reich mit Stärke gefüllt sind, die später verschwindet, wahrscheinlich haben sie daher die Aufgabe, die innern Schichten des Steins bei der Verdickung und Verholzung zu ernähren. Da die äusseren Zellen nicht verholzen, so wird der Stein der reifen Frucht eigentlich nur aus den beiden inneren Schichten gebildet. Diese bestehen aus Fasern, die sich rechtwinklig kreuzen und zwar laufen die äusseren Fasern in der Längs-, die inneren in der Querrichtung des Steins. (Fig. 36 und 37.)

Da der Same nur einen Teil des Steins ausfüllt, so verläuft an diesem ein 3/4 mm breiter flügelartiger flacher Rand. Der ganze Stein ist etwa 3 mm lang und 2 mm breit. Unter dem Stein liegt das Integument als vertrocknete Hülle um den linsenförmigen Samen. Das reife Endosperm enthält Eiweiss und Fett, seine innerste Schicht auch kleinkörnige Stärke. Seine Zellen zeigen in Beziehung zum Keimling keine besondere mechanische Anordnung im Sinne Haberlandts. Der kleine Embryo enthält bei der Samenreife nach Lagerberg keine Stärke in den Cotyledonen und im Plerom.

Die Frucht von Sambucus Ebulus zeigt neben einigen Unterschieden auch mehrere Beziehungen zu derjenigen von Adoxa. Sie ist runder und kann mit den schwarzen Johannisbeeren verglichen werden; oben trägt sie die Kelchzipfel viel höher als Adoxa. Sie hat viel weniger Fruchtfleisch, dagegen grössere Steine als Adoxa. Im Fruchtfleisch findet man keine Stärke und Calciumoxalat-Sphärite wie bei Adoxa, dagegen viel Fett, Gerbstoff und Calciumoxalatdrusen. Die Epidermis besitzt auch gerade Wände, aber nur wenige Spaltöffnungen, dagegen viele Cuticularleisten. Was bei Sambucus am meisten an Adoxa erinnert, ist der Stein und die helle Schleimzone um diesen. Die Schleimzellen sind nicht ganz so gross wie bei Adoxa, aber wie dort radial gestreckt. Ob diese gleiche Ausbildung auf Verwandtschaft deutet, vermag ich nicht zu entscheiden, ich vermute, dass sich ähnliche Schleimschichten auch bei anderen Früchten finden, die von Vögeln gefressen werden. So sind z. B. die Steine bei Hedera und Cornus schleimig glatt, wenn auch bei diesen Pflanzen die Schleimzellen nicht so typisch ausgebildet sind wie bei Adoxa und Sambucus. Dagegen finden wir bei Ribes Grossularia die radial gestreckten Schleimzellen um die Samen noch grösser und schöner ausgebildet als bei Adoxa, aber trotz dieser Ähnlichkeit sind es keine homologen

Gebilde. Der Stein geht bei Sambucus wie bei Adoxa aus drei Zellschichten hervor, aber hier hat die äussere Zellschicht gar keine Ähnlichkeit mit der von Adoxa, denn sie verholzt nicht nur, sondern sie streckt sich auch radial sehr stark, so dass der Stein dick, hart und spröde wird und sich dadurch von dem durchscheinenden, lederartigen, zähen Adoxastein wesentlich unterscheidet. (Fig. 38.) Nur die beiden inneren Schichten sind wie bei Adoxa, doch sind ihre Fasern etwas weitlumiger. Der systematische Wert dieser Übereinstimmung ist sehr fraglich. Der Adoxastein scheint an die mahlende Tätigkeit der Magenwände kleinerer Vögel, derjenige von Sambucus an das Gefressenwerden durch starkschnäblige, grössere Vögel angepasst zu sein. Da sie beide nach dem einfachsten mechanischen Prinzip gebaut sind, so kann ihre Ähnlichkeit ganz gut eine Konvergenzerscheinung sein. Dafür sprechen wenigstens noch folgende Beobachtungen. Ähnliche gekreuzte Fasern fand ich bei einer Umbellifere und besonders schön bei Hedera Helix, da diese Pflanzen aber eventuell als verwandt mit Adoxa in Betracht kommen, so beweisen sie die Konvergenz nicht so gut, wie die gekreuzten Fasern, welche ich in der Schötchenwand von Lunaria annua gefunden habe.

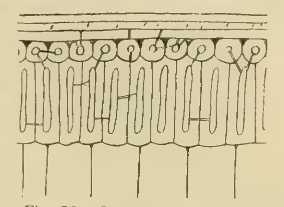


Fig. 38. Junger Stein v. Sambucus Ebulus quer.
Innen: 2 Schichten Fasern.
Mitte: 1 Schicht Steinzellen.
Aussen: 1 Schicht Schleimzellen.

Das Endosperm des Sambucussamens ist ähnlich wie bei Adoxa und vielen anderen Pflanzen mit Eiweiss, Fett und Spuren von feinkörniger Stärke gefüllt, die Ähnlichkeit ist von geringem systematischem Wert. Es kommt noch hinzu, dass die eingeschlossenen Keimlinge in der Grösse ganz verschieden sind, der Keimling von Adoxa ist winzig klein, derjenige von Sambucus so gross, dass er die ganze Länge des Samens ausfüllt. Die übrigen Caprifoliaceen haben im Bau der Frucht mit Adoxa keine Ähnlichkeit. Das Ergebnis unserer Untersuchung lautet demnach: Die Früchte von Adoxa und Sambucus haben neben grossen Unterschieden unzweifelhaft mehrere gemeinsame Merkmale, allein man kann dieselben vielleicht als Konvergenzerscheinungen betrachten.

Das biologische Eiweiss-Differenzierungsverfahren.

Sind die Eiweisskörper von Adoxa verwandt mit denen von Sambucus Ebulus?

Zur Beantwortung dieser Frage wurde das biologische Eiweiss-Differenzierungsverfahren benutzt. Die Arbeiten wurden ausgeführt im Institut für gerichtliche Medizin und im Tierspital unter Leitung von Herrn Professor Dr. Zangger, dem ich für sein lebhaftes Interesse und seine grosse Unterstützung herzlichst danke.

Eine kurze historische Einleitung sei meinen Versuchen vorausgeschickt: Bei Schutzimpfungsversuchen wurde von Kraus 1897 die Beobachtung gemacht, dass das Blutserum der Tiere, die mit Bakterieneiweissstoffen geimpft waren, sich veränderte. Es bildeten sich darin Stoffe, welche folgende Fähigkeiten hatten:

1. Mit artgleichem Eiweiss gemischt, erzeugten sie Niederschläge (Präzipitine).
2. Artgleiche Bakterien wurden zusammengeballt (agglutiniert).
3. Artgleiche Bakterien wurden zerstört.

Zu unseren Versuchen interessieren uns nur die Präzipitine. Wird z. B. ein Kaninchen mit dem Eiweiss von Typhus-Bakterien wiederholt geimpft, so bilden sich in seinem Blut spezifische Stoffe gegen Typhus-Bakterien. Mischt man nun das Serum dieses Tieres mit einer Eiweisslösung von Typhus-Bakterien oder verwandten Bakterien, so entstehen Niederschläge. Bringt man dagegen das Serum mit Eiweisslösung zusammen von Bakterien, die nicht verwandt sind, so entstehen keine Niederschläge. Man kann also mit Hülfe dieser Methode Verwandtschaften erkennen. Im Jahre 1899 zeigte Bordet, dass dieselben Erscheinungen eintreten, wenn tierisches Eiweiss zur Impfung verwandt wird. Im Jahre 1902 machte Friedenthal Verwandtschaftsreaktionen zwischen Mensch und Affe. Im Jahre 1904 erschien ein umfangreiches Werk über Verwandtschaftsreaktionen bei Tieren von Nuttal. Er zeigte folgendes:

1. Aus der Stärke des Niederschlages kann man den Grad der Verwandtschaft ermessen, je stärker der Niederschlag, desto näher die Verwandtschaft.

2. Je länger die Impfbehandlung dauert, desto stärker wird das Serum, desto mehr entfernt verwandte Tiere reagieren auf dasselbe.

Die ersten Versuche mit dem Eiweiss höherer Pflanzen wurden 1901 gemacht. Jacoby erzeugte ein spezifisches Serum gegen Ricin. Kowarski konnte mit Weizenmehl-Serum Niederschläge bei Gersten und Roggen erzielen, bei Hafer unterblieben sie. Bertarelli erzeugte 1902 spezifische Sera gegen Bohnen, Erbsen, Linsen und Wicken, Bashford gegen Crotin. Uhlenhuth und Jung erzeugten 1905 spezifische Sera gegen Mohn, Hanf, Mandeln und Cacao. Citron zeigte, dass alle favusartige Pilze gleichartige Präzipitine geben. Lusini erhielt 1906 ein spezifisches Serum gegen Opiumextrakt, Magnus

und Friedenthal konnten nachweisen, dass Saccharomyces cerevisiae und Tuber brumale verwandt seien, dass aber beide in keiner Verwandtschaft zum Champignon ständen. Sie zeigten für die Pflanzen, dass der Umfang der Reaktion erweitert werden kann, ähnlich, wie es Nuttal für die Tiere gezeigt hatte. Im folgenden Jahre wiesen beide Forscher nach, dass alle Eiweisskörper einer Pflanze dieselbe Reaktion geben. Sie benutzten dazu Pollen-, Samen-, Wurzel- und Sprosseiweiss vom Roggen. Im gleichen Jahre konnten sie die Verwandtschaft nachweisen von Zea Mays und Euchlaena mexicana, Panicum italicum var. germanicum und Pennisetum spicatum, Triticum sativum und Secale cereale, Hordeum sativum, Elymus arenarius Avena sativa und Arrhenatherum elatius, Holcus lanatus, Pisum sativum und Vicia sativa. Relander erzeugte 1908 spezifische Sera gegen Wicken und Gerste und konnte damit Stammarten und Varietäten unterscheiden.

Komplizierter wurde die Methode durch die Beobachtung, dass manchmal schon Normalserum (das von nicht geimpften Tieren stammt) in Eiweisslösungen Niederschläge hervorruft. Kraus und Jacoby hatten das schon 1901 gefunden. Landsteiner und Raubitschek, Hocke, v. Eisler und v. Portheim kamen später zu gleichen Resultaten. Eingehende Untersuchungen darüber hat Wilenko 1910 veröffentlicht. Er zeigte ausserdem, dass manchmal schon Niederschläge entstehen, wenn man zwei verschiedene pflanzliche Eiweisslösungen mischt. Kraus und ebenso Noguchi hatten schon früher gezeigt, dass ebenfalls Niederschläge entstehen, wenn man zwei verschiedene Normal-Seren mischt. Überblickt man die Ergebnisse, so muss man sich unwillkürlich fragen: Ist diese Methode imstande, zweifelhatte Verwandtschaftsverhältnisse klarzustellen? Dazu sei bemerkt, dass der geübte Forscher die Reaktionen von spezifischem Serum und verwandtem Eiweiss unterscheiden kann von denjenigen, welche bei Normalserum und Pflanzeneiweiss oder bei Pflanzeneiweiss und Pflanzeneiweiss entstehen können, da sie stärker sind. Verwandtschaftsreaktionen sind jedoch bei Pflanzen schwieriger anzustellen als bei Tieren, weil uns bei ihnen keine Eiweisslösung von so bekannter Zusammensetzung wie dort das Blut zur Verfügung steht. Bei höheren Pflanzen ist uns das Sameneiweiss am leichtesten zugänglich, da es jedoch häufig mit Fetten, mit Stärke und Salzen gemischt ist, so sind die Aussichten, bei der Reaktion Fehler zu begehen, recht gross. Eine verbesserte Technik wird jedoch mit der Zeit diese zu vermeiden wissen, ausserdem stehen uns Kontrollmethoden zur Verfügung, z. B. der Komplementablenkungsversuch, auf die ich jedoch nur verweisen will, da ich sie selbst nicht angewandt habe.

Meine Versuche begannen im Februar 1910. Es standen mir zur Verfügung etwa zwei Gramm Samen von Sambucus Ebulus, von Adoxa aber so wenig, dass an eine Impfung nicht zu denken war. Zur Feststellung der Technik und zur Kontrolle wurde auch Erbseneiweiss geimpft. Die anatomische Untersuchung hatte gezeigt, dass in den Samen von Sambucus und Adoxa neben Eiweiss sehr viel Fett enthalten ist. Die Samen von Sambucus wurden zuerst wie die Erbsen mit den Schalen trocken zerrieben und dann mit 0,8%iger Kochsalzlösung aufgelöst. Es zeigte sich dabei, dass aus der spröden, holzigen Schale ein roter Farbstoff in die Lösung übergegangen war, deshalb wurden bei allen späteren Arbeiten die Samen entkernt. Die Lösung kam dann 4 Stunden in den Brutschrank bei +35° C., dann blieb sie 20 Stunden in Zimmertemperatur stehen. Sambucus-Eiweiss löste sich nicht so gut wie Erbseneiweiss. Die Lösungen wurden dann filtriert mit gehärteten Filtern von Schleicher und Schüll. Die klare Erbsenlösung hatte dann ein Eiweissgehalt von 0,03 nach Esbach, die Sambucuslösung enthielt nur Spuren von Eiweiss. Da also durch die Filter zuviel Eiweiss verloren ging, so wurden später die Lösungen nur zentrifugiert, wodurch der Eiweissgehalt der Erbsenlösung auf etwa 0,05, der Sambucuslösung auf 0,01 — 0,02 gebracht wurde. Letztere war durch den reichen Fettgehalt trüb, was jedoch bei der Impfung nichts schadete. Die Lösungen zeigten saure Reaktionen und wurden durch einige Tropfen Sodalösung schwach alkalisch gemacht. Es wurde alle sieben Tage subcutan geimpft, von jeder Lösung je 8—12 cm^3. Die Kaninchen blieben alle die ganze Zeit gesund. Nach der vierten Impfung wurden ihnen nach 24stündigem Fasten aus der Randvene des Ohres je 5 cm^3 Blut entnommen. Dieses blieb 24 Stunden in Zimmertemperatur, dann wurde das Serum abpipettiert, zentrifugiert und filtriert. Um zur Reaktion absolut klare Eiweisslösungen zu erhalten, wurden die zerriebenen Samen ausgeäthert und dann zusammen in 0,8%iger Kochsalzlösung in einen Kolben geschüttet, an welchem unten ein Abflusshahn war. Da Fett und Äther oben schwammen, so konnte die Eiweisslösung unten langsam abgezapft werden. Die Lösung kam dann 24 Stunden in den Brutschrank, das Gefäss blieb offen, damit die letzten Spuren Äther verdunsten konnten. Nach dem Filtrieren zeigte die Erbsenlösung 0,03, die Sambucuslösung weniger als 0,01 Eiweissgehalt nach Esbach. Die angestellten Reaktionen fielen negativ aus.

Nach der achten Impfung war der Vorrat an Sambucussamen erschöpft, deshalb wurde bei beiden Tieren eine definitive Blutentnahme vorgenommen, ferner wurden einem nicht geimpften Tiere Blut entnommen, um Normal-Serum zu gewinnen. Eiweiss und Blut

wurden wieder wie früher behandelt, dann wurden die Reaktionen nach folgender Fragestellung ausgeführt:

1. Erzeugen zwei Pflanzeneiweisse bei Mischung einen Niederschlag?

1 cm^3 Pisum Eiweiss + 1 cm^3 Sambucuseiweiss . . . kein Niederschlag
1 cm^3 „ „ + 1 cm^3 Adoxa „ „ „
1 cm^3 Sambucus „ + 1 cm^3 „ „ „ „

Die heterologen Pflanzeneiweisse ergaben also keine Niederschläge.

2. Erzeugt Normalserum mit Pflanzeneiweiss Niederschläge?

1 cm^3 Pisum Eiweiss + 0.2 cm^3 Normalserum . . . kein Niederschlag
1 cm^3 „ „ + 0.5 cm^3 „ „ „
1 cm^3 „ „ + 1.0 cm^3 „ nach 5 Minuten Trübung
0.1 cm^3 „ „ + 1.0 cm^3 „ kein Niederschlag
0.01 „ „ „ + 1.0 cm^3 „ „ „

Normalserum gab also in der Erbsenlösung eine schwache Reaktion.

Dagegen blieben die Sambucus und die Eiweisslösungen von Adoxa vollkommen klar.

3. Sind in dem Serum der geimpften Tiere präzipitierende Stoffe enthalten?

1 cm^3 Pisum Eiweiss + 0.2 cm^3 Pisum Serum . . . kein Niederschlag
1 cm^3 „ „ + 0.5 cm^3 „ „ „ „
1 cm^3 „ „ + 1.0 cm^3 „ „ schwacher Niederschlag
0.1 cm^3 „ „ + 1.0 cm^3 „ „ „ „
0.01 „ „ „ + 1.0 cm^3 „ „ starker „

Das Erbsenserum enthielt also präzipitierende Stoffe.

Kontrolle:

0.01 cm^3 Sambucus Eiweiss + 1.0 cm^3 Pisum Serum . . . kein Niederschlag
0.01 cm^3 Adoxa „ + 1.0 cm^3 „ „ „ „

Nach gleichem Schema wurden die Reaktionen mit dem Sambucus Serum ausgeführt, es bildeten sich jedoch keine Niederschläge, infolgedessen konnte die Verwandtschaftsreaktion zwischen Sambucus und Adoxa nicht ausgeführt werden. Die Versuche können aber erst wieder aufgenommen werden, wenn neuer Same zur Verfügung steht.

Blütenbiologie.

In der Ebene gehört Adoxa zu den ersten Frühlingspflanzen und blüht schon Anfang März, im Gebirge fand ich noch Blüten im

August. Im Blütenstand entfaltet sich zuerst die Gipfelblüte, später folgen von unten nach oben die Seitenetagen. Die Blüte ist nach Lagerberg schwach proterandrisch, was ich bestätigen kann, bei ihrer Entfaltung stehen die Griffel senkrecht, ihre Narben haben sich noch nicht verdickt, die Narbenpapillen sind noch nicht vollständig entwickelt, die Staubblätter neigen sich mit den geöffneten Antheren nach aussen. Die Kronblätter scheiden durch die Drüsen an ihrer Basis reichlich Honig aus. Später reifen die Griffel, indem sich die Narbe vergrössert. In diesem Stadium hat die keulenförmige Griffelspitze eine weissliche Färbung und scheidet Narbenflüssigkeit aus. Eigenartig sind die Bewegungen, welche um diese Zeit Griffel und Krone ausführen. Erstere spreizen auswärts, letztere schrumpft und ihre Blättchen bewegen sich einwärts, so dass Antheren und Griffel sich begegnen und eine Selbstbefruchtung stattfinden kann. Kerner hat zuerst auf die Autogamie von Adoxa aufmerksam gemacht, durch meine dreijährigen Versuche kann dieselbe als bewiesen gelten. Bei diesen Versuchen war es schwierig, die Blüte gut abzuschliessen. Mit Papier und Tüll gelang es nicht, in kleinen Gläsern faulte die Blüte. Dagegen bewährte sich folgende Einrichtung. In eine Kiste wurde Humuserde geschüttet und mit heissem Wasser begossen, damit etwa vorhandene Insekteneier und Larven getötet wurden. Dann wurde Adoxa hineingepflanzt. Die Aussenseite der Kiste wurde zum Schutz gegen hinaufkriechende Ameisen mit Raupenleim bestrichen. Die Kiste wurde zur Hälfte mit Tüll zugedeckt, um Luftzirkulation zu ermöglichen, zur Hälfte mit Glas, um die Pflanze genügend mit Licht zu versorgen. Dann wurde versucht, ob der Pollen noch keimfähig ist, wenn sich Krone und Griffel bewegen. In 8% Rohrzuckerlösung + Gelatine kam noch ein Teil des Pollens zur Keimung. An einer Anzahl Blüten wurden die Griffel abgeschnitten, um zu sehen, ob parthenogenetisch Früchte entstehen können, dieser Versuch fiel aber negativ aus. Da an den übrigen Pflanzen einige Früchte entstanden, so sind wir berechtigt, bei Adoxa eine Selbstbestäubung für möglich zu halten. Dafür sprechen auch noch folgende Tatsachen: Autogamie ist auch bei den übrigen Frühlingspflanzen häufig. Da um diese Zeit die Blüte nicht selten mit Schnee bedeckt wird und der Insektenbesuch mangelhaft ist, so erscheint uns die Autogamie als ein notwendiges Postulat. Aber trotz Fremd- und Selbstbestäubung ist die Fruchtbildung gewöhnlich sehr schlecht. Überall, wo die Pflanze der Sonne ausgesetzt oder der Boden zu trocken ist, entwickeln sich keine Früchte. In den Jahren 1908 und 1909 war Adoxa so unfruchtbar, dass ich z. B. am Bodensee an einer Handvoll Früchte

einen ganzen Tag sammeln musste. Das Jahr 1910 dagegen brachte viele Früchte, nach meiner Ansicht deshalb, weil es feuchter war.

Einen besonderen Pollenschutz besitzt Adoxa nicht. Der Blüte entströmt ein Fäulnisgeruch, der keine Ähnlichkeit mit Moschus oder Bisam hat und dem deshalb die Pflanze kaum ihren volkstümlichen Namen verdanken dürfte, wie in den modernen Florenwerken überall zu lesen ist.

Viel besser haben in dieser Beziehung die Väter der Botanik beobachtet, denn Zwinger schreibt schon 1696: „Die Blätter geben einen lieblichen Geruch, schier wie Bisam, daher es Casparus Bauhinus, Valerius Cordus und Johannes Thalius Bisamkraut nennen." Wenn man ein Glas mit Blättern füllt und mehrere Stunden zudeckt, so entströmt ihm nämlich beim Öffnen ein feiner apfelartiger Duft. Der Fäulnisgeruch und die kleine, grünliche Blumenkrone sind Merkmale, durch welche die Blüte nach Müller-Lippstadt zur Kategorie der Dipterenblüten gehört. Aber trotz dieser Anpassung an Dipteren wird die Blüte auch von zahlreichen anderen Tieren besucht, welche durch den Pollen oder den Honig angelockt werden oder auch nur als zufällige Gäste erscheinen. Letztere übernachten, da der Wald noch kahl ist, gern unter den Adoxablättern und sonnen sich morgens auf den Blütenständen. Auch Raubinsekten befinden sich unter ihnen. Als häufigste Besucher kommen nach meinen Beobachtungen Ameisen und von den Dipteren Chyronimus-Arten in Betracht, bei Zürich wird der Pollen häufig von einer kleinen Schnecke mit flachem Gehäuse Hyalinia nitens Mich. gefressen. Knuth erwähnt noch die Beobachtungen verschiedener Forscher, aber die dort genannten Insekten sind meist zufällige Gäste, z. B. die Apionen und die Ichneumoniden.

Samenverbreitung.

Die Früchte von Adoxa sind dem Transport durch Vögel angepasst. Da zur Zeit der Fruchtreife, etwa Mitte Juni, die Vögel noch nicht wandern, so kann es sich bei der Samenverbreitung nur um kurze Distanzen handeln. Nur wenn die kleinen Beerenfresser von Raubvögeln geschlagen werden, sind in der Samenverbreitung grössere Entfernungen möglich. Da Mitte Juni der Vogeltisch reich gedeckt ist, so wird nur ein kleiner Teil der Adoxafrüchte gefressen, die meisten verfaulen an Ort und Stelle. Um festzustellen, welche Vögel in Betracht kommen, wurden Fütterungsversuche mit folgenden Vögeln gemacht:

Erithacus cyaneculus	Blaukelchen,
Erithacus rubiculus L.	Rotkelchen,
Turdus musicus L.	Singdrossel,
Turdus merula L.	Schwarzamsel,
Phylloscopus rufus Bchst.	Weidenlaubsänger,
Phylloscopus trochilus L.	Fitislaubsänger,
Sylvia atricapilla L.	Mönchgrasmücke.
Troglodytes parvulus Koch.	Zaunkönig,
Pyrrhula europaea Vieill.	Gimpel,
Carduelis elegans Steph.	Stieglitz,
Chrysomitris spinus L.	Erlenzeisig,
Chloris hortensis Brehm.	Grünling,
Fringilla coelebs L.	Buchfink,
Sturnus vulgaris L.	Star,
Lanius collurio L.	Rotrückiger Würger,
Jynx torquilla L.	Wendehals.

Die Früchte wurden mit mehr oder weniger grosser Lust von all diesen Vögeln gefressen, die Samen passierten den Darm in 15 Minuten bis zwei Stunden. Sie waren später nicht verletzt und keimten so gut wie die ungefressenen. Die Vögel fressen gewöhnlich die Früchte in folgender Weise: Der Vogel nimmt den ganzen Fruchtstand, an welchem 3—5 Früchte sitzen, fliegt auf einen Baum und schüttelt den Kopf so lang, bis die Früchte weggeschleudert werden, während er die mit dem Schnabel gefasste Frucht ganz verschlingt. So kommt also durch den Vogel eine zweifache Streuung zu stande.

Eine eigentümliche Art von Samenverbreitung beobachtete ich am Bodensee. Ein heftiger Wind blies mir trockene Blätter entgegen, auf einem dieser Blätter klebten drei Samen von Adoxa. Wer im Hochgebirge bekannt ist, der weiss, wie weit oft derartige Blätter durch den Wind transportiert werden. In der Pflanzengeographie müssen wir auch mit solchen Ausnahmen rechnen.

Auch ein Transport durch Wasser ist möglich, da die Früchte einige Stunden schwimmen. An steilen Ufern von Waldbächen fand ich öfter die Fruchtstände über dem Wasser hängen.

Nur ein ganz minimaler Teil der Früchte dürfte dazu kommen, neue Kolonien zu gründen, weil die Pflanze bezüglich des Standortes zu wählerisch ist. Es ist mir ebensowenig wie den früheren Bearbeitern von Adoxa gelungen, Keimpflanzen im Freien zu finden.

Feinde von Adoxa.

Das mit Stärke gefüllte Rhizom wird, wie ich mich durch Fütterungsversuche überzeugen konnte, von Mäusen gefressen. Solche

angefressene Rhizome wurden von mir öfter im Freien gefunden. Im Frühjahre habe ich auch einigemal Ameisen am Rhizom überrascht, sie suchen wahrscheinlich den Zucker, der dann aus der Stärke entsteht. Auch Nacktschnecken fressen am Rhizom.

Die Blätter wurden bei Stahls[2] Versuchen von verschiedenen Schnecken gefressen:

1. Helix hortensis, frische Blätter schwach benagt, Blätter, deren Gerbstoff durch heissen Alkohol ausgezogen wurde, waren in gleicher Zeit ganz aufgefressen.

2. Helix fruticum, frische Blätter blieben unberührt, ausgelaugte wurden gefressen.

3. Helix arbustorum, frische Blätter blieben unberührt, ausgelaugte wurden gefressen.

4. Helix pomatia, frische Blätter schwach benagt, ausgelaugte gefressen.

5. Limax agrestis, frische Blätter schwach benagt, ausgelaugte gefressen.

6. Arion empiricorum, ebenso.

Die beiden letztgenannten Schnecken stellen nach meinen Beobachtungen den Adoxablättern am meisten nach. Limax richtete jedes Jahr grosse Verwüstungen in meinen Keimpflanzen an, indem sie alle Cotyledonen frass. Arion habe ich öfter beim Frass im Freien beobachtet, sie frisst vom Rande an Löcher in die Blätter hinein. Andere Frasspuren von Schnecken findet man sehr häufig auf der Oberseite der Blätter in Gestalt von zahlreichen braunen Flecken. Dort ist das Blatt bis auf die untere Epidermis abgeraspelt. Der Vegetationspunkt und die ganz jungen Blätter sind, wie ich schon früher nachgewiesen habe, gegen Schneckenfrass durch den Besitz von gerbstoffhaltigen Köpfchenhaaren geschützt.

Ein sehr häufiger parasitärer Pilz ist Synchytrium anomalum Schröter. Er ist von Schröter und jüngst durch v. Guttenberg[2] eingehend beschrieben worden und findet sich besonders am Blattstiel und auf der Unterseite der Blätter. Diese Krankheit ist weit verbreitet, ich fand sie an allen Standorten in der Ebene und im Gebirge. Aus der kugelförmigern Dauerspore schlüpfen im Frühjahre bei feuchtem Wetter Schwärmsporen, durchbohren die Epidermis des Wirts, dringen in eine Epidermiszelle ein, runden sich dort ab und bekommen eine Membran. Die Wirtszelle vergrössert sich sehr stark und bekommt einen Durchmesser bis 250 μ, ihre Wände sind verdickt und getüpfelt. Im zentralen Plasma liegt die weisse Synchytrium-Spore und der Kern. Letzterer ist vergrössert, gelappt und von Kanälen durchsetzt. Die Wand der Spore besteht aus

Chitin, ihr Inhalt enthält fettes Öl. Der Kern der Spore kann sich nach v. Guttenberg karyokinetisch teilen, es ist wahrscheinlich, dass auf diese Weise in einer Wirtszelle 2 Sporen entstehen, die auch ich wiederholt gefunden habe. Die Nachbarzellen bilden oft um die Wirtszelle einen kleinen Wall, in dessen Mitte die weisse Spore sichtbar ist.

Eine andere Pilzkrankheit, die aber ziemlich selten zu sein scheint, wird von Puccinia albescens Grev. verursacht. Ich fand dieselbe an einem Standort im Burggraben der Ruine Castell bei Konstanz sehr verbreitet, fast alle Blätter waren weisslich. Der Platz war sehr schattig und moderig. Eine gute Beschreibung dieser Krankheit finden wir bei Fischer [1].

Etwas häufiger als diese habe ich eine Krankheit gefunden, die durch Puccinia Adoxae Hedw. hervorgerufen wird, die auch bei Fischer [1] eingehend beschrieben ist. Beide Pilze sind autoecisch. Während aber P. albescens im Mai Aecidiosporen und später zerstreute, einzelstehende Uredo und Teleutosporenlager entwickelt, treten bei P. Adoxae schon im April Teleutosporenlager auf, und zwar stehen sie dicht in grösseren Gruppen und deformieren die Nährpflanze.

Ausser diesen beiden Pilzen kommt nach Fischer noch ein heteroecischer Pilz auf Adoxa vor, nämlich Puccinia argentata (Schultz) Winter, und zwar die Aecidien auf Adoxa, die Uredo und Teleutosporen auf verschiedenen Impatiens-Arten.

Eine eigentümliche Krankheit habe ich an den Rhizomen beobachtet, ich möchte sie als Rhizomfäule bezeichnen, ohne die Ursache angeben zu können. Mitten in der Blüte welkten ganze Partien meiner Kulturen, das Rhizom und die unteren Teile vom Blütenstengel und Blattstiel waren weich und enthielten Pilzhyphen. Im Brutofen sprossten daraus vorwiegend die Sporangien von Mucor mucedo L. Dieser Pilz ist aber wahrscheinlich nicht die Ursache der Fäulnis, ich vermute vielmehr, dass bei der Umwandlung der Reservestärke Bakterien eindringen und die Fäulnis bewirken.

Teratologie.

Bei Adoxa sind am Keimling die beiden Cotyledonen oft mehr oder weniger verwachsen. Am Rhizom habe ich keine teratologischen Erscheinungen beobachtet, ebensowenig an den grundständigen Laubblättern. Dagegen besitzt der Blütenstengel ziemlich häufig Bildungsabweichungen, Lagerberg [1] fand statt eines einzigen zwei decussierte Blattpaare. Oft findet man nur ein Blatt, oder die beiden stengel-

ständigen Blätter stehen in verschiedener Höhe. Die häufigste Abweichung aber ist die Spaltung dieser beiden Blätter. Sie können aber auch verwachsen sein. Über diesen beiden Blättern fand ich einmal statt des Blütenstandes ein Rhizom.

Im Blütenstand geht zuweilen die Decussatie verloren, ich habe schon einzelne Blüten gefunden, die bis 2 cm unter dem Blütenstand sassen. Es kommen in dem dichten Blütenstand aber auch häufig Verwachsungen vor. Henslow, Wydler, Schenk, Dedecek, Giltay, Novak und andere Forscher haben zahlreiche Bildungsabweichungen in der Blüte beschrieben, die ich aber zum grössten Teil nicht als solche anerkennen kann. Dahin gehören vor allen Dingen die häufigen Änderungen in den Zahlenverhältnissen der Blüten, die ich schon früher beschrieben und als regressive und progressive Erscheinungen gedeutet habe. Scheidet man diese Fälle aus, so bleiben in der Blüte wenig Bildungsabweichungen übrig. Hierhin gehört z. B. eine Seitenblüte, an der ich 6 Kelchzipfel und Kronblätter fand, wobei ein Kelchzipfel median nach oben stand wie bei den meisten Angiospermen. Am Kelch kommt es oft vor, dass ein Zipfel tiefer inseriert ist, so dass man nicht entscheiden kann, ob er ein Vorblatt oder Kelchzipfel ist. In der Krone sind Spaltungen häufig, besonders im oberen Teil der Seitenblüten. Die früher beschriebenen Änderungen im Androeceum gehören nicht in dieses Kapitel. Im Gynoeceum kommen manchmal Verwachsungen vor, ebenso Vermehrung der Carpelle.

Die Höchstzahl der Carpelle einer Blüte betrug 12. Verwachsene Früchte sind nicht selten. Eichinger fand unter dem Embryosack eine Zelle, in welcher ähnliche Kernteilungen stattfanden wie im Embryosack. Ob sich dort ein Embryo entwickeln kann, ist unbekannt. Lagerberg[3] hat in einem Embryosack 2 Embryonen gefunden.

Phytopaläontologie.

Fossile Reste von Adoxa sind noch nicht bekannt, die Aussichten, solche zu finden, sind auch nicht gross. Von der ganzen Pflanze ist eigentlich nur der Stein erhaltungsfähig, dieser aber wäre fossil gut erkennbar wegen der gekreuzten Fasern. Ich habe früher schon mitgeteilt, dass die Früchte von Adoxa zuweilen über Waldbächen hängen und dass sie auch eine Zeitlang schwimmen, fossile Reste werden wir daher in den Alluvionen von Waldbächen suchen müssen, besonders dort, wo sich diese als Delta in einem See ablagern. Der kleine Stein ist aber leicht zu übersehen.

Geographische Verbreitung.

Adoxa Moschatellina L. kommt circumpolar auf der nördlichen Erdhälfte vor, ihre Verbreitung deckt sich ungefähr mit derjenigen des Waldes. Hier findet man die Pflanze von der Ebene bis zur oberen Baumgrenze. Sie ist bodenvag, jedoch in hohem Masse abhängig von Boden- und Luftfeuchtigkeit. Am freudigsten gedeiht sie in feuchten Hohlwegen, Schluchten und besonders an den eingeschnittenen Ufern bewaldeter Bäche. Im Gebirge geht sie an einzelnen Stellen über die heutige Waldgrenze hinaus und sucht den Schatten von grossen Felsblöcken auf, allein ihre Begleitpflanzen, z. B. Rhododendron, deuten darauf hin, dass wir es hier mit Waldrelikten zu tun haben, während der Wald vom Menschen gerodet wurde. Obwohl Adoxa im allgemeinen feuchte Gegenden bevorzugt, so findet sie sich manchmal auch in xerothermen Gebieten, wenn diese einen feuchten Frühling haben, wie z. B. im Rheintal bei Chur.

Folgen wir zuerst der Nordgrenze der Pflanze. Nach Bentham Hooker und nach More bewohnt Adoxa ganz Grossbritannien und Irland. Das Gleiche gilt von Skandinavien, Blytt nennt noch Standorte nördlich des 70. Breitegrades am Varanger Fjord bei Vardö und Vadsö. Sie geht also hier wesentlich über den Polarkreis hinaus. In der Feststellung der Verbreitung im europäischen Russland und Sibirien haben mich in liebenswürdiger Weise die Universitäten Petersburg, Tomsk und Tiflis unterstützt. Neuerdings hat ausser mir noch Palibin die Verbreitung zusammengestellt. Anschliessend an Norwegen folgt Adoxa im europäischen Russland ungefähr dem 70. Breitegrad, bewohnt also noch Kola und die Insel Kolgujew. An der Mündung der Petschora biegt ihre Nordgrenze nach Süden und folgt ungefähr dem 66. Breitegrad über den Ural zur Mündung des Ob, von dort zur Mündung der Tas und des Jenissei, dann über den 70. Breitegrad hinaus zum mittleren Lauf der Chatanga. Östlich der Lena folgt die Linie ungefähr dem 70. Breitegrad, geht von der Indigirka ab weiter nach Süden bis zum 66. Breitegrad und zum 170.° ö. L. Von hier wendet sich die Nordgrenze nach Süden und endet in der Südspitze von Kamschatka. In Amerika ist die genaue Nordgrenze noch nicht festgestellt, Rydberg und Gray geben an, dass sich die Pflanze bis an die arktische Grenze findet. Da sie jedoch in Europa und Sibirien über dieselbe hinausgeht und selbst noch nördlich vom 70. Breitegrad vorkommt, so dürfte sie auch in Amerika noch nördlich vom Polarkreis zu finden sein, etwa an der Mündung des Mackenzie, wo ja auch noch der Wald gedeiht.

Die Südgrenze von Adoxa ist noch nicht genau bestimmbar. Willkomm führt Adoxa in der Flora der Iberischen Halbinsel nicht

an. Nach Bubani kommt sie in den Pyrenäen vor. Weiter bewohnt sie nach Rouy und Coste ganz Frankreich und Corsika. Sie findet sich auch im ganzen Gebiet der Alpen. Dass Adoxa bis zur Südspitze von Italien geht, ist sehr wahrscheinlich, geht aber aus der mir zugänglichen Literatur nicht sicher hervor. (Bertoloni, Parlatore, Fiori und Paoletti, Arcangeli.) Besser sind wir über die illyrische Küste unterrichtet durch Freyn, Pospichal und v. Beck. Die Pflanze findet sich in Istrien, Dalmatien und Bosnien. Über das Vorkommen von Adoxa im Balkan fehlen uns sichere Nachrichten. Halacsy führt sie in seiner Flora von Griechenland nicht an, ich halte es für wahrscheinlich, dass die Pflanze dort wenigstens die Gebirge bewohnt. Nach Ascherson und Kanitz findet sich die Pflanze in Serbien, nach Grecescu in Rumänien, nach Velenovsky in Bulgarien. In der spärlichen Literatur, die wir über Kleinasien besitzen, fehlt zwar Adoxa, es ist aber nicht ausgeschlossen, dass die Pflanze an der bewaldeten Küste des Schwarzen Meeres vorkommt. Einstweilen müssen wir östlich vom Balkan als südliche Grenze der Pflanze den Südrand des Waldes vom europäischen Russland betrachten. Nach Schmalhausen verläuft diese Linie von der Südspitze der Karpaten nach Kischinew, Jekaterinoslaw, Saratow, Orenburg, dann um den Südfuss des Urals nach Tobolsk und Tomsk. Von hier aus macht die Pflanze einen weiten Vorstoss nach Süden und bewohnt nach Fedtschenko den Nordrand des Tianschan-Gebirges und der Dsungarei. Vom Altai aus folgt die Pflanze den Gebirgen am Nordrand der Wüste Gobi, geht dann mit dem Chingan-Gebirge nach Süden bis zum Golf von Petschili, bewohnt Korea, den grössten Teil von Japan und die Insel Sachalin. Südlich von diesem riesigen Verbreitungskomplex von Eurasien kommt Adoxa in 2 kleinen inselartigen Arealen vor im Kaukasus und in Vorderindien. Im Kaukasus wurde sie schon vor 100 Jahren gefunden von Wilhelms und 1881 von den Gebrüdern Brotherus am Flusse Terek. Vielleicht steht dieses Gebiet in Verbindung mit dem Balkan durch den Nordrand von Kleinasien. In Indien wurde die Pflanze im Gebiet von Kashmir 11,500 Fuss hoch durch Falconer gefunden und von Clarke als Varietät beschrieben. Dieses Gebiet nähert sich dem Gebiet vom Tianschan. Allerdings liegt die hohe Mauer des Hindukusch dazwischen, die ich jedoch nicht als unüberwindliches Hindernis für die Wanderung der Pflanze betrachte. Im anderen Falle müssten wir dem Standort in Kashmir ein sehr hohes Alter geben und ihn vielleicht als Relikt betrachten aus einer Zeit, da Persien noch bewaldet war und eine Verbindung mit dem Kaukasus herstellte. Wenn es sich bestätigt, dass die dortige Form sich wirklich immer von der gewöhnlichen unterscheidet,

so spricht das sehr für die letztere Möglichkeit. In Amerika reicht wie in Asien die Pflanze nach Süden fast bis zum 35.° n. Breite. Rydberg fand sie im Felsengebirge bis zum Spanish Peak Colorado und auf den Blak Hills in Dakota, nach Gray kommt sie auch in Nord Iowa, Minnesota und Wisconsin vor. Auf dem Alleghany-Gebirge und im Osten der Union scheint sie eigentümlicherweise zu fehlen, ebenso fehlen Angaben aus den Staaten der pacifischen Küste. Im Felsengebirge scheint die Pflanze höher zu steigen als in Europa, denn Rydberg gibt als maximale Höhe 12,000 Fuss an, also etwa 4800 m.

Verbreitung der Pflanze in der Schweiz.

Adoxa ist in der ganzen Schweiz verbreitet, aber nirgends häufig. Selbst dort, wo ausgedehnte günstige Lokalitäten sind, kommt die Pflanze nur truppweise vor. Das kann man am besten sehen in der Umgebung des Bodensees, wo zahlreiche wenig eingeschnittene Bachläufe landeinwärts führen und von verschiedenen Laubhölzern beschattet sind. Man findet dort wohl viele Standorte, aber sie sind alle getrennt, manchmal nur wenige Meter, manchmal aber auch mehrere Kilometer.

An einem solchen Standort habe ich folgende Pflanzen gefunden:

1. Bäume und Sträucher: Acer campestre L., Quercus Robur L., Fagus silvatica L, viele Carpinus Betulus L., viele Juglans, Corylus Avellana L., Cornus mas L., viele Fraxinus excelsior L.
2. Stauden und Kräuter: Anemone nemorosa L., Oxalis Acetosella L., Paris quadrifolius L., Ranunculus Ficaria L., Caltha palustris L., Aegopodium Podagraria L., Arum maculatum L., Pulmonaria officinalis L., Chrysosplenium alternifolium L.

Diese Pflanzen standen in einem 10 m tiefen Tälchen, Adoxa besonders auf dem nach Norden gewandten Ufer unter Carpinus, Fraxinus, Quercus, Juglans, Corylus, also Pflanzen, die sich spät belauben. Als Mitte Juni der gleiche Bestand wieder untersucht wurde, zeigte es sich, dass Adoxa an allen Stellen vertrocknet war, wo sie dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt gewesen, unter dichten Krautbeständen aber waren noch grüne Blätter vorhanden. Wir können also sagen: Adoxa liebt im Frühling das Licht, später aber schadet es der Pflanze wegen zu starker Transpiration.

Nach Literaturangaben, Herbarstudien und eigenen Beobachtungen findet sich Adoxa an folgenden Orten der Schweiz:

1. Genf: Zwischen Genf und Meyrin; östl. von Saccouex: zwischen Genf und Chêne.

2. Waadt: La Dôle; zwischen Aubonne und Gimel; n. v. Morges; w. v. Lausanne; bei Montagny a. Lac de Neuchâtel; Pailly; Moudon; Dompierre; Ecablens; Mezières; Blonay b. Vevey; Roche b. Villeneuve; Aigle; Leysin 1200 m; Ollon 1800 m; Grion b. Bex 1100 m.
3. Wallis: Vernayaz; La Combe und La Bourg b. Martigny; n. v. Sion; Val d'Hérens et Hérémence bis 2000 m; Val d'Annivier bis 2000 m.
4. Tessin: Tessin und Nebentäler; Mendrisio a. Luganersee.
5. Neuenburg: Creux du Van; Chaux du Milieu; Cernier; Val de Ruz.
6. Fribourg: Avenches.
7. Bern: Bern; Thun; Tal b. Merligen; Spiez; Wengen; Mürren 1650 m; Meiringen; Rosenlaui am Gletscher unter Blöcken; Münchenbuchsee; zwischen Herzogenbuchsee und Wangen; St. Imier i. Jura.
8. Basel: Binningen b. Basel; Pratteln; Arlesheim; Waldenburg i. Jura.
9. Solothurn: Solothurn; Olten.
10. Aargau: Aarburg; Zofingen; Aarau; Suhr- und Wynental.
11. Luzern: Luzern; Ettiswyl; Sursee; Baldegger- u. Hallwylersee.
12. Unterwalden: Alpnach; Kerns b. Sarnen; zwischen Engelberg und Jochpass.
13. Uri: Reusstal und Nebentäler; Bauen; Seelisberg.
14. Schwyz: Wollerau a. Zürichsee; Etzel; Galgenen; Reichenberg; Wäggital; Einsiedeln; hinteres Sihltal; Alotal; Mythen; Schyen; Sattel; Muotatal; Bisital; Rigi-Scheidegg; Brunnen.
15. Zug: Menzingen.
16. Zürich: Maschwanden; Rifferswyl; Kloten; Fehraltorf; Winterthur; Hörnli 1130 m; Schnebelhorn 1295 m.
17. Schaffhausen: Schleitheim; Hemishofen.
18. Thurgau: Diessenhofen; Ermatingen; Tägerwyl; Kreuzlingen.
19. St. Gallen: St. Gallen; Wyl; ob St. Johann Churfirsten; Walenstadt; Buchs; Rüti a. Rh.; Altstätten a. Rh.; Kunkelspass 1100 m; Mürtschenstock 1600 m.
20. Appenzell: Verbreitet, besondere Standorte werden nicht genannt.
21. Glarus: Urnen; Mollis; Glarus; Sernftal; Linthtal.
22. Graubünden: Rheintal und Nebentäler; Kunkelspass 1100 m; Lukmanierpass 1700 m; Splügenpass 1100 m; Bergün 1500 m; Davos 1600 m; Calanca 1100 m; Misox 1700 m; Bergell; Puschlav 1730 m; Münstertal bis Cierfs; Ofenpass; Engadin: Tasna 1600 m; Val Sesvenna 1900 m; Spignas (Albula) 1818 m; Rosegtal 1900 m.

Die systematische Stellung von Adoxa.

Adoxa hat in ihrer systematischen Stellung eine bewegte Vergangenheit:

1561. Val. Cordus nennt sie Moschatella.
1587. Dalechamp nennt sie Denticulata.
1590. Tabernaemontanus nennt sie Fumaria bulbosa s. tuberosa minima.
1623. C. Bauhin nennt sie Ranunculus nemorosus Moscatellina dictus.
1651. J. Bauhin nennt sie Moschatellina foliis fumariae bulbosae.
1700. Tournefort stellt das Genus Moschatellina auf, die Art nennt er wie J. Bauhin.
1735. Linné stellt das Genus Adoxa auf.
1753. Linné stellt die Art Adoxa Moschatellina L. auf.
1754. Linné zählt sie zur Klasse Octandria tetragynia.
1763. Adanson stellt sie als Moscatella zwischen die Cactaceae und Saxifragaceae.
1791. Jussieu bringt sie in Beziehung zu Chrysosplenium (Saxifragaceae), er stützt sich dabei auf die habituelle Ähnlichkeit und auf das von ihm schlecht untersuchte Gynoeceum.
1830. De Candolle stellt Adoxa zu den Araliaceae, weil er die Ovarien beider Pflanzen irrtümlicherweise für ähnlich hielt.
1838. Meissner rechnet die Pflanze zu den Caprifoliaceae.
1846. Röper schliesst sich dieser Ansicht an und bringt die Pflanze in nähere Beziehung zu Sambucus.
1858. Agardh zählt Adoxa zu den Ranunculaceae wegen habitueller Ähnlichkeit.
1874. Celakowsky macht Adoxa zum Typus einer selbständigen Familie.
1876. Eichler rechnet Adoxa zu den Saxifragaceae, den Kelch deutet er als Involucrum, entstanden aus einem Tragblatt und zwei Vorblättern.
1878. Eichler stellt im zweiten Teil seiner Blütendiagramme Adoxa zu den Caprifoliaceae, weil er erfahren hat, dass Wydler und A. Braun Tragblätter und Vorblätter gefunden haben.
1879. Drude rechnet Adoxa zu den Saxifragaceae.
1884. Drude glaubt an eine Verwandtschaft auch mit den Araliaceae, speziell mit Panax.
1891. Fritsch behandelt in Engler und Prantl „Nat. Pflanzenfam." nach dem Beispiel von Celakowsky Adoxa als eigene Familie und lässt sie auf die Caprifoliaceae folgen, den Kelch deutet er falsch.
1908. Eichinger schliesst sich nach Untersuchung der Pflanze betreffs der systematischen Stellung dieser Ansicht an.

1909. Lagerberg gibt auf Grund embryologischer Untersuchung diese selbständige Stellung wieder auf und rechnet Adoxa abermals zur Familie der Caprifoliaceae und zwar zur Gruppe Sambucus.

Ehe ich meine eigene Ansicht über die systematische Stellung von Adoxa präzisiere, möchte ich noch einmal kurz die Resultate aller bisherigen Untersuchungen zusammenfassen:

1. Adoxa ist eine echt sympetale Pflanze, denn sie besitzt wie die meisten Sympetalen eine verwachsene Krone und nur ein Integument.
2. Die Keimpflanzen von Adoxa und Sambucus Ebulus zeigen neben einigen Ähnlichkeiten grosse Unterschiede.
3. Bei den Primärblättern sind die Unterschiede noch grösser.
4. Die Rhizome beider Pflanzen sind ganz verschieden.
5. Die Wurzeln zeigen keine Übereinstimmung.
6. Das Gleiche gilt von der Anatomie und Physiologie des Stengels.
7. Die Blätter sind durchaus verschieden, sie besitzen zwar beide Armpalisaden, aber von verschiedenem Habitus, solche Zellen kommen auch bei vielen anderen Pflanzen vor.
8. Der Blütenstand beider Pflanzen ist ein Pleiochasium, bei Sambucus ein reiches, bei Adoxa ein armes.
9. Tragblätter und Vorblätter fehlen bei Adoxa meist, bei Sambucus sind sie vorhanden.
10. Der Kelch ist bei beiden rudimentär, und zwar bei Adoxa ungleich-, bei Sambucus gleichmässig reduziert. Anatomisch sind sie verschieden.
11. Deckung, Farbe, Anatomie der Krone sind bei beiden Pflanzen verschieden.
12. Das Androeceum ist bei beiden verschieden. Adoxa hat gespaltene Staubblätter, Sambucus nicht. Adoxa zeigt manchmal Rudimente eines zweiten Kreises, Sambucus nicht. Adoxa hat introrse, Sambucus extrorse Antheren. Entstehung und Bau des Pollens, Bau der fibrösen Schicht ist bei beiden gleich, allein sie stimmen darin auch mit vielen anderen Pflanzen überein.
13. In der Blütenbiologie sind beide Pflanzen ungleich, Adoxa besizt Honig, Sambucus nicht.
14. Die Zahlenverhältnisse im Gynoeceum stimmen auch nicht überein, Adoxa hat normal 5 oder 4 Carpelle, Sambucus Ebulus nur 3.
15. Dagegen finden wir in der Zahl und Entwicklung der Samenanlage grosse Übereinstimmung. Beide Pflanzen haben in jedem Fache nur eine Samenanlage, die anatrop ist und im Fache von der Innenwand abwärts hängt. Zuerst ist die Mikropyle nach innen gerichtet, später steht sie seitlich. Bei beiden Pflanzen

entwickelt sich aus der Archesporzelle direkt der Embryosack. Die Kernteilungen, Befruchtung und die Zahl der Chromosomen sind gleich.

16. Die Früchte besitzen wenig Ähnlichkeit. Die Frucht von Adoxa speichert Stärke, diejenige von Sambucus fettes Öl.
17. Beide besitzen um den Stein eine Schleimzone aus radikal gestreckten Zellen, allein wir finden diese auch bei anderen Früchten, die von Vögeln gefressen werden.
18. Am Stein sind nur die beiden inneren Schichten gleich, sie bestehen aus gekreuzten Fasern, allein wir finden diesen Typ auch bei anderen Pflanzen.
19. Das Endosperm beider Pflanzen ist ähnlich, allein das will wenig sagen, weil auch viele andere Pflanzen darin übereinstimmen.
20. Die Keimlinge sind im reifen Samen ganz verschieden, derjenige von Adoxa ist winzig klein, derjenige von Sambucus füllt die ganze Länge des Samens aus.
21. Die Keimung und das Hervorkommen von Erneuerungssprossen sind bei beiden Pflanzen verschieden.
22. Die Gestalt der Stärke und der Krystalle ist bei beiden Pflanzen verschieden.
23. Sambucus besitzt Gerbstoffschläuche, Adoxa nicht.

Es fragt sich nun, wie wir diese Merkmale werten wollen. Stahl hat uns durch seine Versuche mit Licht- und Schattenblättern gezeigt, dass der geschickte Experimentator in den Geweben einer Pflanze tiefgehende Veränderungen hervorrufen kann, so dass die Produkte sich ganz unähnlich werden, obschon sie zu derselben Art gehören. Bonnier und viele andere Forscher sind zu gleichen Resultaten gekommen. Wir wissen aber, dass die Natur und die allgewaltige Zeit viel gründlicher experimentieren als der beste Gelehrte, alte Merkmale gehen oft spurlos verloren, neue werden erworben und vererbt. Wenn wir deshalb heute an zwei Pflanzen, deren Verwandtschaft ganz unbekannt ist, Ähnlichkeiten und Unterschiede entdecken, so können wir oft gar nicht entscheiden, welchen systematischen Wert diese Merkmale haben, weil wir ihre Vergangenheit nicht kennen. Wir können aber die Merkmale nach folgenden Gesichtspunkten prüfen:

1. Sind die ähnlichen Merkmale ererbt von gemeinsamen Ahnen?
2. Sind die ähnlichen oder differenten Merkmale durch Divergenz entstanden?
3. Verdanken sie ihre Entstehung der Konvergenz?
4. Sind sie Korrelationserscheinungen?

In den meisten Fällen wird es uns unmöglich sein, die an den Untersuchungspflanzen beobachteten Merkmale unter diese 4 Rubriken zu verteilen, und damit sind wir auch nicht imstande, über die Verwandtschaft kategorisch zu entscheiden. Ich glaube, dass wir für die Richtigkeit dieser Überlegung gar kein besseres Beispiel wählen können, als das Verhältnis von Adoxa zu Sambucus. Wären die gemeinsamen Merkmale beider Pflanzen uralt, die anderen aber jung, entstanden durch Anpassung, so würde ich für eine nahe Verwandtschaft plädieren, solange aber die Quellen dieses Wissens verstopft sind, bleibt auch die Verwandtschaft problematisch. Ich leugne nicht, dass zwischen beiden Pflanzen Beziehungen vorhanden sind, aber sie genügen mir nicht, eine so enge Verwandtschaft anzunehmen, wie sie Lagerberg fordert. Vielmehr glaube ich, dass es am besten ist, die Familie der Adoxaceae selbständig bestehen zu lassen. Aber ich möchte ihr unter den Sympetalen eine andere Stellung geben als sie heute einnimmt. Zur Zeit herrscht die Ansicht, dass die Sympetalen von heterochlamydeischen, pentameren, diplostemonen Blüten abstammen. Adoxa ist diesem Urbild zweifellos noch näher, als Sambucus und die anderen Caprifoliaceae, denn

1. Das Androeceum von Adoxa zeigt noch Rückschläge zum diplostemonischen Urtyp.
2. Die Zahl der Carpelle ist bei Adoxa noch nicht so stark reduziert.
3. Der Fruchtknoten ist bei Adoxa noch nicht so tief in die Achse versenkt.

Nach diesen Merkmalen glaube ich, dass Adoxa unter den Sympetalen am besten vor den Caprifoliaceae eingereiht wird, ich nehme jedoch nicht an, dass letztere von ersterer abstammen. Unter den Choripetalen scheint Adoxa schwächere Beziehungen zu den Umbellifloren, stärkere zu manchen Saxifragaceae zu haben. Es kommen dort auch Pflanzen vor mit decussierten Blättern und Blüten, mit zwei Staubblattkreisen, mit 5 Carpellen, mit anatropen Samenanlagen und mit einem Integument. Nähere Untersuchungen darüber habe ich nicht angestellt. Überschauen wir das Ganze, so finden wir das Urteil von Fritsch bestätigt, dass uns zur Zeit keine Gattung im Pflanzenreich bekannt ist, mit der Adoxa unzweifelhaft nahe verwandt wäre. Ist also auch heute der Streit der Meinungen noch nicht ganz entschieden, so hat er doch wenigstens zur Folge gehabt, dass wir Adoxa durch die vielen Untersuchungen gründlich kennen. Über die Unsicherheit ihrer systematischen Stellung aber mögen wir uns mit dem Wort des grossen Schweizer Geologen Escher v. d. Linth trösten: „Lieber zweifeln, als irren!“

Literatur-Verzeichnis.

1763. Adanson, Fam. d. Plant. II.
1858. Agardh, Theoria syst. plant.
1894. Arcangeli, Fl. Ital.
1877. Ascherson u. Kanitz, Cat. Corm. u. Anth. Serbiae, Bosniae, Hercegovinae, Montis-Scordi, Albaninae.
1845. Babey, Fl. d. Jura.
1878. Baillon, Sur l'organisation des Adoxa. (Bull. mens. d. l. soc. Linn. d. Paris.)
1880. Baillon, Histoire des plantes, VII.
1901. Baumgartner, Das Churfirstengebiet.
1877. Bary De, Vergleichende Anatomie d. Vegetationsorgane d. Phan. u. Farne.
1902. Bashford, Note on Toxic and Antoxic action in vitro and in corpore. Journ. of Path. a Bact. 1902, Vol. III, 59.
1901. Beck v.; Die Veget. d. illyrischen Länder. In Engler und Drude, Die Veget. d. Erde. IV.
1903. Bertarelli, Die Verwendung d. biol. Meth. z. Auffind. u. Diagnose d. Hülsenfruchtmehle. Centralbl. f. Bakt. 2. Abt. 1903. Bd. XI. Heft 38.
1839. Bertoloni, Fl. it. 4.
1905. Binz, Fl. v. Basel u. Umgeb. 2. Aufl.
1906. Blytt, Haandbog i. Norges Flora.
1899. Bordet, Sur l'agglutination et dissolution des globules rouges. Ann. Pasteur 1899.
1882. Bouvier, Fl. d. Alpes.
1894. Briquet, Le Mont Vuache.
1900. Briquet, L. Col. Veg. Xeroth d. Alp. Lémaniennes.
1907. Brockmann-Jerosch, D. Fl. d. Puschlav.
1875. Braun, A. Über Adoxa. Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb.
1906. Brunies, Fl. d. Ofengebietes.
1900. Bubani, Fl. Pyrenaea II.
1892/99. Burnat, Fl. d. Alpes maritimes.
1878. Caflisch, Exk. Fl. f. d. südöstl. Deutschland.
1830. Candolle, A. De, Prodrom syst. nat. regni. veget.
1905. Citron, Über das Verhalten der Favus u. Trichophytenpilze im Organismus. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten, 49.
1905. Coaz, Ein Besuch im Val Scarl.
1906. Colling, Das Bewegungsgewebe der Angiosp. Staubbeutel.
1836. Comolli, Fl. Commense III.
1903. Coste, Fl. de la France II.
1891. Cottet u. Castella, Guid. d. Bot. dans le Ct. d. Fribourg.
1906. Dauphiné, Recherches sur les Variations d. l. structure des Rhizomes Ann. Sci. Nat. Bot. 9, sér. III.
1901. Diels, Die Fl. v. Zentral-China.
1879. Drude, Über die nat. Verwandtsch. v. Adoxa u. Chrysosplenium, Bot. Zeitschrift 37.
1884. Drude, Über die verwandtsch. Bezieh. von Adoxa zu Chrysosplenium und Panax. Bot. Jahrb. v. Engler.

1882. Durand u. Pittier, Cat. d. l. Fl. Vaudoise.
1907. Eichinger, Vergl. Entw. gesch. v. Adoxa u. Chrysosplenium. Mitt. d. Bayer. bot. Ges.
1875. Eichler, Blütendiagramme I.
1878. Eichler, Blütendiagramme II.
1908. Eisler v. u. v. Portheim, Über Hämagglutinin im Samen von Datura. Zeitschr. f. Immunitätsf. u. exp. Ther. Bd. I.
1891. Engler, Nachtrag zu den Adoxaceae. In Engler u. Prantl. Pfl.-Fam. IV.
1872. Fauconnet, Exc. Bot. dans les bas Valais.
1876. Favre, Guide d. Bot. s. Simplon.
1895. Fiori u. Paoletti, Fl. It. III.
1904. Fischer[1], Ed., Beitr. z. Kryptogamenfl. d. Schweiz II.
1903. Fischer[2], Ed., Fl. v. Bern, 7. Aufl.
1888. Franzoni, Le Piante Faner. d. Svizzera insubrica.
1888. Freyn, Beitr. z. Bl. v. Bosnien u. d. angr. Hercegovina.
1902. Friedenthal, Neue Versuche z. Frage n. d. Stellung des Menschen i. zool. System. Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akad. d. Wiss. XXXV.
1891. Fritsch, Caprifoliaceae — Adoxaceae. Nat. Pfl. Fam. v. Engler u. Prantl, 4. Teil, 4. Abt.
1850. Froelich, Bot. Spazierg. i. Appenzell.
1888. Gander, Fl. Einsidlensis.
1828. Gaudin, Fl. Helv. II.
1908. Geilinger, Die Grignagruppe a. Comersee.
1882. Geissler, Die Fl. v. Davos.
1882. Giltay, Über Abnormitäten i. d. Blüten d. Adoxa Mosch. Nederlandsch Kruidkundig Archief, 2. Ser. III.
1852. Godet, Fl. d. Jura.
Goebel, Organographie der Pfl.
1908. Goebel, Über Symmetrieverhältnisse i. Blüten. Bot. Zentralbl. Bd. 108, Nr. 15.
1886. Gray, Synoptical Fl. of North America.
1908. Gray, New Manual of Botany.
1896. Gremli, Exk. Fl., 8. Aufl.
1865. Grenier, Fl. d. l. Chaîne Jurass.
1898. Grecescu, Conspectul Flor. Romaniei.
1907. Grisch, Beitr. z. Kenntn. d. pfl. geogr. Verhält. d. Bergünerstöcke.
1905. Guttenberg v.[1], Die Lichtsinnesorgane d. Laubbl. v. Adoxa Mosch. Ber. d. deutsch. bot. Ges. XXIII.
1909. Guttenberg v.[2], Cytolog. Studien an Synchytrium-Gallen. Jahrb. f. wiss. Bot. Band 46, Heft 3.
1904. Haberlandt, Die Sinnesorg. d. Pfl.
1905. Haberlandt, Die Lichtsinnesorg. d. Laubbl.
1901/08. Halacsy, Conspectus Fl. Graecae.
1896. Hallier, Betrachtungen über d. verwandtsch. Bezieh. der Ampeliden und anderer Pflanzenfamilien.
1908. Hallier, Über Juliana.
1909. Harris, Note on variation in Adoxa. Biometrica 7.
1902. Hegi, Das obere Tösstal.
1907. Hocke, Über Bakterienpräzipitation durch norm. Sera. Wien. klin. Wochenschr. Nr. 12.

1850. Höfle, Die Fl. der Bodensee-Gegend.
1890. Holfert, Die Nährschicht d. Samenschalen. Fl. o. Allg. Bot. Ztg.
1840. Hooker, Fl. Ber. Americana I.
1880. Hooker, The Fl. of British India, Vol. III.
1900. Hooker Bentham, Handbook of the British Fl.
1850. Irmisch, Zur Morph. d. monokot. Knollen- u. Zwiebelgew.
1895. Jaccard, Cat. d. l. Fl. Valaisanne.
1901. Jacoby, Über Ricinimunität. Beitr. z. chem. u. phys. Pathol. I.
1901. Jack, Fl. d. Bad. Kreises Konstanz.
1908. Jäggli, Monogr. Fl. d. Mte. Camoghè.
1879/80. Jönsson, Om embryosäckens utveckling hos Angiospermerna. Act. Univ. Lund.
1791. Jussieu, Gen. Plant.
1891. Kerner, v., Pflanzenleben, Bd. 2.
1888. Killias, Die Fl. d. Unt.-Engadin.
1898. Knuth, Handbuch der Blütenbiologie, II. 1.
1839. Kölliker, Verzeichn. d. Phan. Gew. d. Kt. Zürich.
1901. Kowarski, Über den Nachweis v. pfl. Eiweiss auf biol. Wege. Deutsch. med. Wochenschr. 27.
1905. Kraus, Über spez. Reaktionen i. keimfreien Filtraten etc. Wiener kl. Wochenschr. 1905. Nr. 32.
1902. Kraus, Zur Theorie der Agglutination. Zeitschr. f. Heilk. Bd. 23.
Kraus, Über spez. Niederschläge. Handb. d. pathog. Mikroorganismen.
1908. Kuhn, Über den Wechsel der Zelltypen i. Endothecium d. Angiospermen.
1904. Lagerberg[1], Organografiska studier öfver Adoxa Mosch. L. Ark. f. Bot. utg. af Kungl. Svensk. Vet. A. 3.
1906. Lagerberg[2], Über die präsynapt. und synapt. Entwickl. der Kerne in den Embryosackmutterzellen v. Adoxa Mosch. Bot. Studier tillägn. Kjellman. Upsala.
1909. Lagerberg[3], Studien über die Entwickl.-Gesch. und system. Stellung von Adoxa Mosch.
1907. Landsteiner u. Raubitschek, Beobachtungen über Hämolyse und Hämagglutination. Zentralbl. f. Bakt. Bd. 45.
1894. Loew, Blütenbiologische Floristik.
1906. Lusini, Lievo precipitante per l'appio. Ref. Biochem. Zentralbl. 1906. Bd. V.
1886. Lüscher, Fl. v. Zofingen.
1899. Macoun, Check List of Canadian Plants.
1906. Magnus u. Friedenthal, Ein exp. Nachweis nat. Verwandtschaft bei Pflanzen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1906, XXIV.
1907. Magnus u. Friedenthal, Über die Artspezifizität der Pflanzenzelle. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1907. XXV.
1907. Magnus u. Friedenthal, Über die Spezifizität der Verwandtsch.-Reaktion d. Pflanzen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1907. XXV.
1887. Meister, Fl. v. Schaffhausen.
1898. More, Cybele Hibernica.
1839. Moritzi, D. Pfl. Graubündens.
1888. Morot, Remarque sur la place de l'Adoxa Mosch. dans la classification. Journ. de bot. II.
1889. Morot, Recherches sur le péricyclus ou chouchepériph. d. cylindre centr. chez l. Phanerog. Ann. sc. nat. VI.

1880. Mühlberg, Flora d. Aargaues.
1873. Müller-Lippstadt, Die Befruchtung der Blumen durch Insekten.
1881. Müller-Lippstadt, Die Alpenbl., ihre Befr. durch Ins. u. ihre Anpassung.
1908. Müller, Technik der Serodiagnostischen Methoden.
1810. Murith, L. Guide d. Bot. Valais.
1902. Novak[1], Beiträge z. Morph. u. Anat. v. Adoxa Mosch. Ref. i. Bot. Zentralblatt XC. 1902.
1904. Novak[2], Über den Blütenbau der Adoxa Mosch.
1904. Nuttal, Blood Immunity and Blood Relationship.
1909. Palibin, Von der Verbreitg. d. Adoxa Mosch. i. Kaukasus. Bull. d. Jard. imp. Bot. d. St-Petersbourg 1909, IX.
1893. Parlatore, Fl. It. X.
1893. Parmentier, Fl. Jurass. et de la Haute-Saône.
1857. Payer, Traité d'organogénie comparée de la fleur.
1894. Penzig, Pflanzen-Teratologie Bd. 2.
1907. Petrak, Zur Systematik der Gattung Adoxa. Allg. Bot. Zeitschrift f. System 1907, Nr. 6.
1899. Pospichal, Fl. d. österr. Küstenlandes. II.
1908. Relander, Kann man mit Präzipitinreaktionen Samen von verschiedenen Pflanzenarten und Abarten unterscheiden? Zentralbl. f. Bakt., Parasitenk. u. Infekt. Bd. XX, 2. Abt.
1870. Rhiner, Prodr. d. Waldstätter Gef. pfl.
1894. Rhiner, Die Gefässpfl. d. Urkantone u. v. Zug.
1897. Rhiner, Tabell. Fl. d. Schweizer Kantone.
1872. Rion, Guide de Botaniste en Valais.
1872. Ritz u. Wolf, Guide d. Bot. en Valais.
1903. Rouy, Fl. d. France.
1846. Röper, Die Stellung der Frucht ist von der Stellung des vorhandenen Organen-Kreises der Blumen abhängig. Bot. Ztg. 4.
1896. Rydberg, Fl. of the Black Hills of South Dakota.
1906. Rydberg, Fl. of Colorado.
1909. Seiler, Bearb. d. Brügg. Mat. z. Bündnerfl.
1909. Schinz u. Keller, Fl. d. Schweiz, 3. Aufl.
Schmalhausen, Fl. v. Südwest-Russland.
Schmalhausen, Fl. v. Mittel- u. Süd-Russland.
1899. Solereder, Systematische Anat. d. Dikotylen.
1849. Schenk, Missbildungen bei Adoxa Mosch. Flora 1849.
1892. Schumann, Morphologische Studien.
1899. Schumann, Morphologische Studien.
1902. Schütze, Über weitere Anwendung der Präzipitine. Deutsche med. Wochenschr. XXVIII.
1882. Schwendener, Die Schutzscheiden u. ihre Verstärkungen.
1909. Schwerin, Graf v., Monogr. d. Gtg. Sambucus.
1883. Stahl[1], Über den Einfluss des sonnigen oder schatt. Standorts auf d. Ausbildung d. Laubbl.
1888. Stahl[2], Pflanzen und Schnecken. Jenaischen Zeitschr. für Naturwiss. und Med. Bd. XXII.
1906. Steiger, Beiträge z. Kenntnis d. Fl. d. Adulagebietes.
1880. Tieghem, Ph. v., Anatomie de l. Moschatelline. Bull. d. l. Soc. bot. d. France, XXVII.

1905. Uhlenhut u. Jung. Über ein Ausflockungsphänomen in künstl. Öl Emulsionen durch Serum normaler und vorbehandelter Tiere. Ref. Deutsche med. Wochenschr. Nr. 14.
1909. Uhlenhut u. Weidanz. Praktische Anleitung zur Ausführung des biolog. Eiweissdifferenzierungsverfahrens.
1891. Velenovsky, Fl. bulgarica.
1881. Wartmann u. Schlatter. Krit. Übers. ü. d. Gef. pfl. v. St. Gallen und Appenzell.
1844. Wydler[1]. Morph. Mitteilungen. 4. Adoxa Mosch. Bot. Ztg.
1844. Wydler[2]. Berichtigungen z. d. morph. Mitteilungen. Bot. Ztg.
1850. Wydler[3]. Über Adoxa Mosch. Fl. neue Reihe. VIII. Jahrg. Regensb.
1860. Wydler[4]. Zur Kenntn. einheimischer Gewächse. Flora. Neue Reihe. XVIII. Jahrg.
1910. Wilenko. Über das Präzipitationsvermögen pflanzl. Eiweissstoffe. Zeitschr. f. Immunitätsf. u. exp. Therap. 5. Bd. 1. Heft.
1896. Willkomm, Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf d. Iberischen Halbinsel.
1893. Wirz, Fl. d. Kt. Glarus.
1847. Zschokke. Verzeichn. d. i. d. Umgegend v. Aarau wildw. phan. Pflanzen.
1696. Zwinger, Theatrum Botanicum.

Mitteilungen über den Stäfner-Stein.

Von

Hans Frey.

Wenn man den Zürichsee hinauffährt, sieht man bei Stäfa gerade gegenüber der Kirche, etwa 350 m im Wasser draussen, einen Stein aus dem See herausragen, das ist der Stäfner-Stein. Bei besonders tiefem Stand des Sees kommt östlich davon eine ziemlich grosse ephemere Insel zum Vorschein, welche als untiefe Stelle schon oft den Schiffern unangenehm mitspielte. Im letzten Winter 1908/1909 war dieselbe bei dem ausserordentlich grossen Tiefstand (74 cm unter Mittelstand) längere Zeit sichtbar, so dass untenstehende Beobachtungen gemacht werden konnten.

Der eigentliche Stäfner-Stein hat eine Höhe von 2 m 21 cm (107 cm über und 114 cm unter Wasser). Seine grösste Länge ist ca. 3 m (im Wasser-Niveau 2 m 32 cm) und seine grösste Breite ca. 2 m 80 cm (im Wasser-Niveau 148 cm); daraus berechnet sich bei dem im grossen ganzen pyramidalen Bau der Kubikinhalt zu 3,03 m^3 (über dem Wasser 0,81 m^3 und unter dem Wasser 2,22 m^3), womit die frühere Angabe von 15 m^3 hinfällig wird. Der höchste Punkt des Steins liegt 409,57 m, die Mitte der Wetterfahne 411,72 m und der Knopf der Wetterfahne 413,0 m über Meer. Das Gestein ist ein graulicher, toniger Kalk mit Pyrit- und Glimmerschüppchen, an mehrern Stellen finden sich gelblich anwitternde Calcitadern; wahrscheinlich ist es ein Neocomkalk.

Auf dem Stein hat es verschiedene Wasserstands-Marken:

gegen Norden hin 1674 = 18 cm höher als letzten Winter
„ Osten „ 1882 = 7 cm „ „ „ „
„ Osten „ 1909 neu = 2 m 79 cm unter Zürcher Pegel.

Es ist also der letztjährige der tiefste bis jetzt angemerkte Wasserstand.

Die östlich erscheinende Insel war 140 Schritte lang und 39 Schritte breit (ein Schritt = 80 cm). Dies stimmt ziemlich gut mit den genauen Angaben von Herrn Ingenieur Pfister überein, der die Insel am 22. März vermessen hat. Immerhin gelten seine Zahlen



Stäfner-Stein.
Aufnahme am 12. März 1909 von Osten.

für einen 3 cm höhern Wasserstand des Sees, was bei einer so flachen Insel, Maximalhöhe nur 26 cm, wesentlich in Betracht fällt. Herr Pfister fand: Länge der Insel 119 m, grösste Breite 27,5 m; Flächeninhalt 1510 m^2; Länge der Uferlinie 525 m; Höchster Punkt des

Inselchens = 0,26 m über dem niedrigsten Wasserstand (2,79 m) = 2,53 m am Zürcher Pegel = 408,76 m über Meer.

Die ganze Insel ist übersät mit erratischen Geröllen, die entweder Kalk, Nagelfluh, Sandstein oder Sernifit sind und es fehlen Rheingletschergeschiebe gänzlich. Beinahe alle Gesteine zeigen die sogenannte Pseudokarren- oder Mäanderbildung. Während man aber gewöhnlich nur auf Kalk diese rätselhaften Corrosionen findet, sind hier auch Kiesel, Sernifit und Sandstein damit überzogen.



Stäfner-Insel.
Tiefster Wasserstand seit 1674. Aufnahme am 12. März 1909 von Osten.

Die Entstehung derselben wird auf zwei Arten zu erklären gesucht: Nach Marc le Roux sind sie durch Kalkalgen wie Schizothrix lateritia und Rivularia haematites = Euactis calcivora hervorgerufen, nach Forel durch Phrygienlarven von Tinodes lurida erzeugt. In beiden Fällen sollte man sie nur auf Kalkgeschieben erwarten. Es kann deshalb die Erscheinung nur durch Kalk auflösende und auch Kalk absetzende Prozesse bedingt sein.

Beim westlichen Ende der Insel ragten zur Zeit des tiefsten Standes des Sees noch eine grosse Zahl anderer Erratiker aus dem Wasser hervor, die auf der beigegebenen Skizze miteingetragen sind,

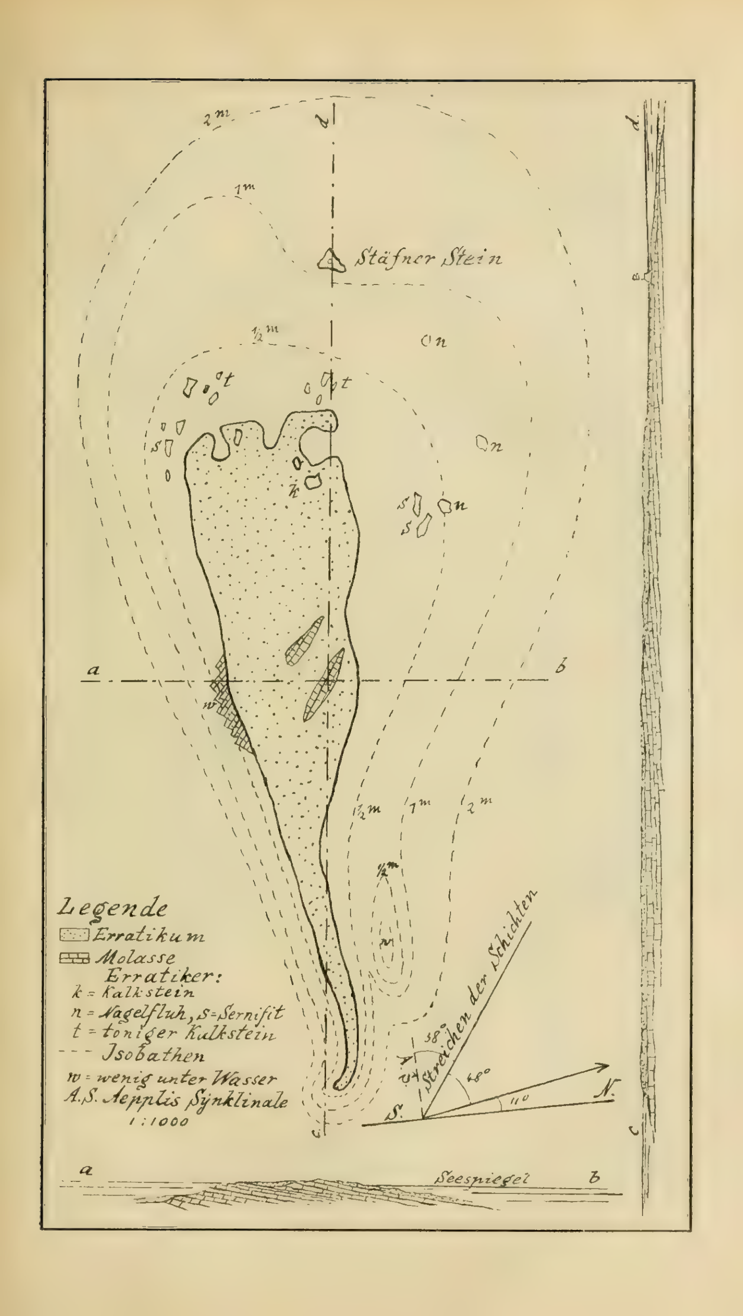
bei dem westlichsten Nagelfluhblock waren noch mehrere kleinere unter dem Wasserspiegel sichtbar.

Fast in der Mitte der Insel finden wir zu unserer Überraschung anstehenden Sandsteinfelsen, ebenso auch auf dem südlichen Steilabfall, es ist also die Insel ein Molasse-Riff. An den wenig hervortretenden Felsköpfen war es möglich, das Streichen und Fallen der Schichten zu bestimmen: Streichen: 42°—48° östl. Ablenkung von der Nord-Südrichtung der Magnetnadel; Fallen: 9° gegen Nord-Osten.

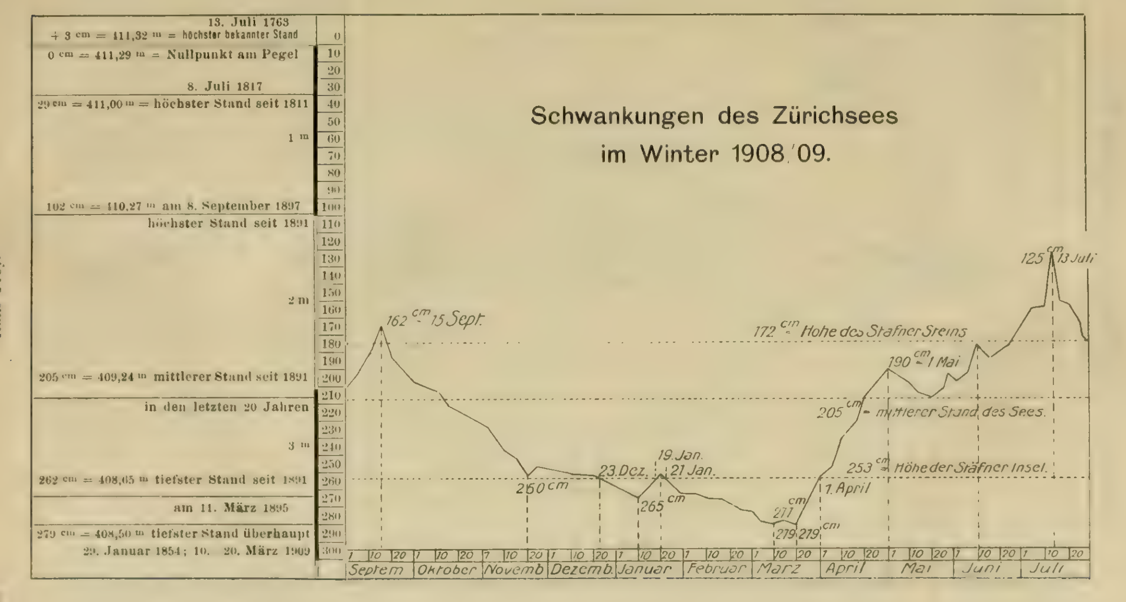
Aus den Isobathen, die mit dem Ruder bestimmt wurden (½ m, 1 m u. 2 m), geht klar hervor, dass die Insel gegen S und O steil abfällt, während gegen N und W flache Abdachung vorhanden ist. Ferner wird durch sie eine untiefe Stelle nördlich vom Ostende der Insel bemerkbar, die nur etwa 20 cm hoch vom Wasser bedeckt war. Da auf derselben nur Kiesmaterial zu beobachten ist, wird es wohl eine kleine Moränen-Ablagerung sein.

Die Insel ist zweifellos ein Erosions-Relikt, das offenbar wegen dem ziemlich kompakten Sandstein hier übrig geblieben ist. Wer dieses Riff herausmodelliert hat, kann nur im Zusammenhang mit der Entstehung des Zürichsees entschieden werden. Darüber bestehen bekanntlich zwei verschiedene Ansichten: Wasser-Erosion und nachherige Versenkung des Tales (Heim u. Aeppli) oder Gletscher-Erosion (Brückner u. Penk). Ohne in dieser Frage, die mir noch nicht ganz spruchreif zu sein scheint, eine endgültige Stellung einzunehmen, muss ich doch sagen, dass unsere Insel eher für Wasser-Erosion spricht. Nach Brückner nämlich sollten die sogenannten rückläufigen Terrassen durch Rippung entstanden sein und infolgedessen müsste sich an der tiefsten Stelle der Terrassen eine Synklinale der Molasse finden. Nun ist unsere ephemere Insel zufälligerweise ganz nahe dieser Synklinale. Aber die Schichten laufen keineswegs horizontal, sondern, entsprechend dem Steilerwerden der Molasse gegen die Alpen hin, 9° gegen NO fallend (Zürich fast horizontal, Küsnacht 2,6°/o); auch das Streichen ist ganz anders, es schneidet nämlich die von Prof. Aeppli bestimmte Synklinale unter einem Winkel von 38° (siehe Zeichn.), während die beiden Richtungen parallel sein sollten.

Der letztjährige Tiefstand des Zürichsees ist nicht nur durch das ausserordentlich starke Sinken des Seespiegels, sondern auch durch die lange Dauer ausgezeichnet. Das beiliegende Diagramm bringt das klar zum Ausdruck. Der Wasserstand war vom 23. Dez. bis 19. Jan. und vom 21. Jan. bis 1. April tiefer als der höchste Punkt der Stäfner Insel (253 cm unter Zürcher Pegel), also war die Insel mehr als ein Vierteljahr sichtbar, und der Stäfner-Stein selbst wurde nur im September und im darauffolgenden Juli kurze Zeit ganz vom Wasser überdeckt.



Stäfner Stein
Legende
Erratikum
Molasse
Erratiker:
k = Kalkstein
n = Nagelfluh, s = Sernifit
t = toniger Kalkstein
- - - Isobathen
w = wenig unter Wasser
A.S. Aepplis Synklinale
1 : 1000
Streichen der Schichten
Seespiegel


Schwankungen des Zürichsees
im Winter 1908/09.
13. Juli 1763
+ 3 cm = 411,32 m = höchster bekannter Stand
0 cm = 411,29 m = Nullpunkt am Pegel
8. Juli 1817
29 cm = 411,00 m = höchster Stand seit 1811
1 m
102 cm = 410,27 m am 8. September 1897
höchster Stand seit 1891
2 m
205 cm = 409,24 m mittlerer Stand seit 1891
in den letzten 20 Jahren
3 m
262 cm = 408,65 m tiefster Stand seit 1891
am 11. März 1895
279 cm = 408,50 m tiefster Stand überhaupt
29. Januar 1854; 10.–20. März 1909
162 cm 15 Sept.
172 cm Höhe des Stäfner Steins
250 cm
23. Dez.
19. Jan.
21 Jan.
265 cm
277 cm
279 279 cm
1. April
190 cm 1 Mai
205 cm = mittlerer Stand des Sees.
253 cm Höhe der Stäfner Insel.
125 cm 13 Juli
Septem
Oktober
Novemb
Dezemb.
Januar
Februar
März
April
Mai
Juni
Juli

Die Darstellung der extremen Wasserstände des Zürichsees links vom Diagramm zeigt uns:

1. dass das mittlere See-Niveau (bestimmt durch das neue Nivellement, welches vom Pierre du Niton bei Genf ausgeht), 409 m 24 cm beträgt und nicht mehr, wie noch in allen Karten angegeben wird, 408,6 m;

2. dass der höchste bekannte Stand 411,32 m, also nur 3 cm höher als der Nullpunkt am Zürcher Pegel bei der Quaibrücke ist;

3. dass der See seit 1811 nie mehr höher als bis 411,0 m gestiegen ist;

4. dass der höchste Stand seit 1891 nur 410,27 m betrug, während

5. der tiefste Stand in den letzten 20 Jahren nur 408,65 m erreichte, so dass der letztjährige weitaus den tiefsten Stand mit 408,50 m darstellt, der in den letzten 100 Jahren nur noch am 8. Februar 1830 und am 29. Januar 1854 beobachtet wurde.

6. Die grösste Höhendifferenz beträgt also nicht ganz 3 m (2,82 m), seit 1891 erreichte die Amplitude aber nur 1,77 m.

Es ist wahrscheinlich, dass der letztjährige Stand den tiefsten Stand des Sees überhaupt darstellt. Denn nach der Glacialzeit war zunächst der Zürichsee ca. 12 m höher und sank erst nach und nach auf sein jetziges Niveau in dem Masse, wie die Endmoräne von Zürich durchfressen wurde. Auch in den letzten Jahrhunderten hemmten noch zahlreiche Stauvorrichtungen im Limmatbett bei Zürich den freien Ablauf des Wassers [1]). Erst seit 1811 hat man begonnen, diese hemmenden Einbauten nach und nach zu beseitigen. Diese Korrektionsarbeiten wurden mit einer allgemeinen Ausbaggerung der Limmat im Jahre 1891 beendet. Von diesem Zeitpunkte an haben sich die Schwankungen des Sees um mehr als 1 m verringert (2,82 m : 1,77 m).

[1]) Dafür spricht auch der ausserordentliche Tiefstand im Jahre 1674, der immer noch 18 cm höher war als der letztjährige.

Absolute Messungen über den Peltier-Effekt. II.

Von

Emil Beck.

In meiner Dissertation: „Absolute Messungen über den Peltier-Effekt“, die in dieser Zeitschrift, Jahrgang 55, 1910, erstes und zweites Heft, S. 103—155, veröffentlicht ist, habe ich eines der Grundgesetze der Thermoelektrizität einer genauen experimentellen Prüfung unterzogen.

Nach den thermoelektrischen Theorien von W. Thomson und Clausius-Budde, die die beiden Hauptsätze der Thermodynamik auf die thermoelektrischen Prozesse anwenden, ist bekanntlich:

$$P = \frac{1}{J} i \cdot U \cdot \frac{dE}{dU}, \qquad (1)$$

wobei bedeutet: E die $E. M. K.$ einer geschlossenen Kombination aus zwei verschiedenen Metallen, von der die eine Lötstelle auf 0°, die andere auf $U°$ (unter U die absolute Temperatur verstanden) sich befindet, P der Peltier-Effekt an der letzteren Lötstelle, wenn durch sie der Strom i fliesst, J das mechanische Äquivalent der Kalorie.

In bezug auf dieses Gesetz waren in der ersten Abhandlung die Kombinationen Eisen-Konstantan, Kupfer-Nickel und Kupfer-Konstantan untersucht worden, und es hatten sich die folgenden Resultate ergeben:

Tabelle 1.

Kombination	Π	U	$\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$
Eisen-Konstantan .	0,03249	287,0	0,03254
Kupfer-Nickel . . .	0,01385	287,4	0,01425
Kupfer-Konstantan .	0,02437	288,5	0,02464

Einheiten für Π:	gr. Kal. absolute Stromeinheit Sekunde	E in absol. Einheiten (1 Volt = 10^8 abs.)

Hier ist Π der Peltier-Effekt, der der Stromstärke 1 entspricht.

Wenn auch Tabelle 1 die Richtigkeit des Gesetzes zu beweisen scheint, so hielt ich es doch für zweckmässig, noch einige andere Kombinationen auf das Gesetz hin zu prüfen, da — wie ich schon in der Einleitung der ersten Abhandlung erwähnt habe — Abweichungen vom Gesetz auftreten könnten, die vielleicht recht klein sind.

Boltzmann hat ja bekanntlich die Gleichung aufgestellt:

$$\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU} - \Pi \leq 2\sqrt{k_1 \omega_1 U} + 2\sqrt{k_2 \omega_2 U}\,, \tag{2}$$

die an Stelle der Gleichung (1) zu setzen wäre für den Fall, dass man Elektrizitätsleitung und den irreversiblen Vorgang der Wärmeleitung als mit einander verknüpfte Vorgänge betrachtet. (k_1 und k_2 bedeuten die Wärmeleitfähigkeiten, ω_1, ω_2 die spezifischen Widerstände der beiden Metalle).

Die Aufgabe der Dissertation war es, durch experimentelle Prüfung der Gleichung 1 einen Beitrag zur Entscheidung der strittigen Frage zu liefern, ob in dem vorliegenden Falle Elektrizitäts- und Wärmeleitung als von einander unabhängige Vorgänge angesehen werden dürfen oder nicht.

In dieser Arbeit habe ich die Kombinationen Eisen-Nickel, Kadmium-Nickel und Zink-Nickel nach der gleichen Methode, wie in der ersten Abhandlung, untersucht. Die Messungen wurden ausgeführt im eidgenössischen physikalischen Institut in Zürich (Vorstand Prof. Dr. H. F. Weber).

Ich verweise, was Methode und Ausführung der Messungen anbetrifft, auf die erste Abhandlung, die im Folgenden stets mit I. zur Abkürzung bezeichnet werden soll. Zum Verständnis der unten folgenden Tabellen ist es aber notwendig, das Wesentliche der Methode in einer kurzen Beschreibung zu wiederholen.

Die beiden zu untersuchenden Metalle seien in Stabform hergestellt von genau gleich grossem kreisförmigen Querschnitt und an je einer ihrer ebenen normal zur Stabaxe stehenden Endflächen an einander gelötet, so dass diese genau auf einander passen. Die beiden anderen Enden sowie die Umgebung der Stabkombination seien auf konstanter Temperatur gehalten, die als $0°$ angenommen werden soll. Sendet man nun einen konstant gehaltenen Strom i in bestimmter Richtung durch die Kombination, so stellt sich nach und nach eine stationäre Temperatur-Verteilung in der Kombination ein. Die stationäre Temperatur in der Lötfläche derselben sei S_+; bei entgegengesetzter Stromrichtung sei diese S_-. Macht man nun die Annahmen: dass (1) der Widerstand, (2) die innere und äussere Wärmeleitfähigkeit, (3) der Peltier-Effekt von der Temperatur unabhängig seien; dass ferner

der Peltier-Effekt nur von der Stromstärke abhänge, und zwar derselben proportional[1]) verlaufe; dass endlich der Thomson-Effekt vernachlässigt werden dürfe; so erhält man nach Auflösung der zu Grunde liegenden Differentialgleichungen mit ihren Grenzbedingungen eine Relation für $S_+ - S_- = \Delta S$, aus der sich ergibt:

$$(3) \qquad \Pi = \frac{\Delta S \cdot q}{2\, i} \cdot \left[\frac{k_1 \lambda_1 (e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1})}{e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}} + \frac{k_2 \lambda_2 (e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})}{e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}} \right].$$

Hierin bedeutet:

Π den Peltier-Effekt für den Strom 1,
q den Querschnitt beider Stabteile,
k_1, k_2 ihre Leitfähigkeiten für Wärme,
$\lambda_1 = \sqrt{\frac{h_1 p}{k_1 q}}$; $\lambda_2 = \sqrt{\frac{h_2 p}{k_2 q}}$, wo h_1, h_2 die äusseren Wärmeleitfähigkeiten, p der Umfang der Stäbe bedeutet,
l_1, l_2 die Längen der beiden Teile der Kombination.

Über den Einfluss der gemachten Voraussetzungen auf das Resultat und die möglichste Eliminierung eines solchen s. I. Auch in der vorliegenden Arbeit nahm man die Voraussetzungen als berechtigt an und rechnete mit Mittelwerten, (über den Thomson-Effekt s. S. 179 f.).

Ausser der Messung von ΔS sind also nach Gleichung 3 noch als Nebenmessungen auszuführen: Die Bestimmung der inneren und der äusseren Wärmeleitfähigkeit (k und h). Die erstere wurde wiederum nach der Methode von Kohlrausch mit elektrischer Heizung (I. S. 120 ff.) ausgeführt, die letztere wiederum nach der bekannten Abkühlungsmethode (I. S. 124 f.).

Die Messung von $\frac{dE}{dt}$ erfolgte wie in I. mit Hülfe von Galvanometer-Ablesungen (I. S. 125 ff.).

Schon in der Diskussion zu I. (S. 153 ff.) war darauf hingewiesen worden, dass bei der Bestimmung des Peltier-Effekts eine eventuell erhebliche Fehlerquelle in dem Umstand liegen kann, dass die Lötfläche der Stabkombination durch das Bohrloch zur Aufnahme der Lötstelle des Thermoelements verkleinert und der Stromverlauf gestört wird, und dass vielleicht zu erwarten ist, dass dadurch die Werte von ΔS etwas zu gross ausfallen, also Π auch zu gross. Ferner erwähnte ich, dass ein Fehler in gleichem Sinne durch ein nicht ganz genaues Zusammenpassen der an einander gelöteten Stabflächen bewirkt werden könnte.

[1]) Dass der Peltier-Effekt proportional der Stromstärke verläuft, ist in I experimentell scharf bewiesen worden.

Um nun diese Fehlerquellen etwas herunterzudrücken, wählte ich den Querschnitt bei den neuen Kombinationen grösser. Während er in I. im Mittel ca. 0,97 cm^2 betrug, war er jetzt ca. 1,8 cm^2. Da die kleinste vorkommende Wärmeleitfähigkeit 0,12 (Nickel) betrug, so war noch nicht zu befürchten, dass bei der neuen Querschnittsgrösse die isothermen Flächen merklich von der ebenen Gestalt abwichen. Überdies nahm ich zur Herstellung der Thermoelemente etwas dünnere Drähte als früher (Eisen 0,2 mm, Konstantan 0,15 mm), sodass die Bohrlöcher jetzt auch etwas kleiner ausfielen als früher.

Durch Vergrösserung des Querschnitts wird gleichzeitig noch eine andere Fehlerquelle herabgesetzt, nämlich die Veränderlichkeit der äusseren Wärmeleitung mit der Temperatur, weil — wie in I. S. 127 gezeigt wurde — der Einfluss von h bestimmt ist durch die Grösse des Ausdrucks $\sqrt{\frac{h\,p}{k\,q}} = \sqrt{\frac{2\,h}{k\,r}}$, wenn r den Radius des Stabes bedeutet, also von $\sqrt{\frac{1}{r}}$.

Weil nach den Resultaten von I. bei Ausführung derselben Messung mit verschiedenen Stromstärken sich genau übereinstimmende Werte für k resp. Π ergaben, so wurden in der vorliegenden Arbeit meistens nur eine oder zwei Stromstärken zu ihrer Bestimmung verwendet, dafür aber diese Messungen mit noch grösserer Sorgfalt ausgeführt. Das hatte auch noch den Vorteil, dass diese Messungen dann so eingerichtet werden konnten, dass man immer mit demselben Widerstand im Galvanometerkreis auskam, nämlich demjenigen, bei dem die Aichung der Thermoelemente vorgenommen wurde, so dass Reduktionen der Galvanometer-Ausschläge ganz fortfielen (s. I. S. 137 und S. 145). So können die Messungen dieser Arbeit wohl noch auf grössere Genauigkeit Anspruch machen als diejenigen von I.

Es wurden die gleichen Mess-Instrumente benutzt wie in I. bis auf das Galvanometer, das durch einen anderen Typus von Hartmann und Braun ersetzt wurde. Es bestand aus bloss zwei elliptisch geformten Spulen, die ein astatisches System von Magneten in Stabform enthielten. Gegenüber dem in I. benützten Galvanometer hatte dieses den Vorteil, dass das Magnet-System schon 1/2 Minute nach Schliessung des Galvanometerkreises beruhigt war, während beim früheren Galvanometer ca. 1 1/2 Minuten dazu nötig waren. Sein Widerstand betrug $w_g = 6\Omega 2$, seine Empfindlichkeit $\varepsilon = 6{,}2 \times 10^{-8}$ pro 1 mm Ausschlag, und seine Grad-Empfindlichkeit war ca. 0°,03, d. h. wenn die Differenz der Temperaturen der beiden Lötstellen der benützten Thermoelemente ca. 0°,03 war, so erfolgte ein Ausschlag von 1 mm für den Fall, dass

kein anderer Widerstand ausser dem des Galvanometers und der Thermoelemente im Galvanometerkreis sich befand. — Es wurde auch hier zuerst eine genaue Graduierung des Galvanometers vorgenommen.

Das Siemens-Milli-Ampèremeter, das zur Messung der Ströme diente, — es war das gleiche Instrument wie in I. — wurde neuerdings genau geaicht mit einer genauen Stromwage.

Über die Provenienz der Metalle seien die folgenden Angaben gemacht:

Das Nickel wurde wie in I. von Basse und Selve in Westfalen direkt in Stangenform geliefert. Es war als rein bezeichnet, doch zeigte eine chemische Analyse, die ich später vornehmen liess, dass es nicht unbedeutende Zusätze anderer Substanzen enthielt. Daraus erklärt sich auch der relativ niedrige Wert der Wärmeleitfähigkeit (0,120).

Das Eisen stammte von einer Zürcher Firma und war gewöhnliche Handelsware und zwar wie in I. gezogenes Flusseisen.

Das Kadmium und das Zink wurde als rein in Form von Tropfen geliefert von Merck in Darmstadt und in der Werkstatt des physikalischen Instituts gegossen. Wie eine spätere Prüfung ergab, waren sowohl die Kadmium- als die Zinkstäbe absolut homogen; es konnten nicht die geringsten Poren aufgefunden werden.

Zur Bestimmung der inneren Wärmeleitfähigkeit k wurden alle vier Metallstäbe in genau der gleichen Dicke ($q = 1{,}757\ cm^2$) hergestellt und in der Länge von 16,2 cm; sie alle wurden in demselben Kühlgefäss untersucht. Zur Untersuchung der äusseren Wärmeleitfähigkeit h wurden diese Stäbe in ein anderes Kühlgefäss — aber für alle vier Stäbe das gleiche — gehängt. Von diesen Stabstücken wurden dann — ohne Änderung des Querschnitts — die Teile abgeschnitten, die zur Messung des Peltier-Effekts dienten. So wurde sowohl Wärmeleitfähigkeit als Peltier-Effekt an genau den gleichen Materialstücken gemessen, und wegen der Gleichheit der Querschnitte hatte h bei der k- und Π-Bestimmung den gleichen Wert, zumal da Stäbe und Kombinationen in das gleiche Kühlgefäss zu stehen kamen.

I. Die Messung der äusseren Wärmeleitfähigkeit h.

(Vergl. I. S. 124 f. und 139 ff.)

Weil alle vier untersuchten Stäbe genau den gleichen Querschnitt und die gleiche Länge hatten und in dem gleichen Kühlgefäss zur Abkühlung gelangten, so ist es interessant, die Werte von h für die verschiedenen Substanzen unter einander zu vergleichen. Die Resultate sind in Tabelle 2 zusammengestellt, worin u die Temperatur-Differenz zwischen Stab und Umgebung bedeutet.

Tabelle 2.

Nickel

u	h
3,88	0,0001316
4,72	1370
5,79	1411
7,13	1476

Eisen

u	h
3,23	0,0001307
3,99	1353
4,97	1396
6,20	1451
7,85	1503

Kadmium

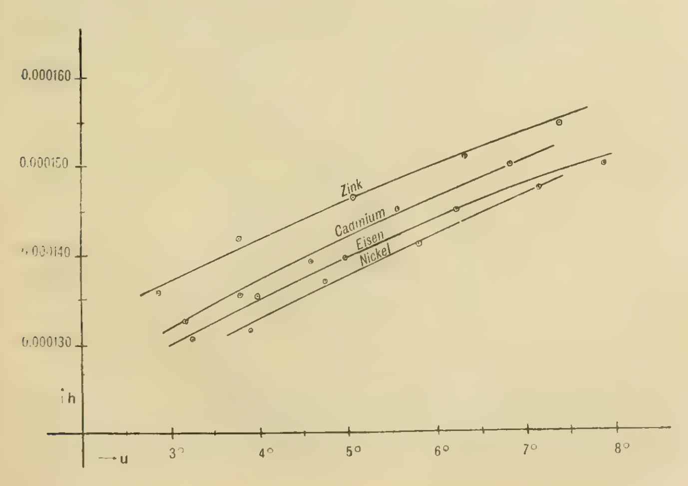
u	h
3,16	0,0001325
3,78	1355
4,56	1392
5,55	1451
6,80	1502

Zink

u	h
2,85	0,0001358
3,77	1419
5,04	1464
6,30	1511
7,35	1548

Einheiten für h: cm gr sek 1° C

Tabelle 2 zeigt, wie die Resultate von I., dass h auch für kleine Temperatur-Differenzen bis zu 8° keineswegs konstant ist. Trägt man die Werte graphisch auf mit u als Abszisse, h als Ordinate, so erhält man die folgenden Kurven:



Die Kurven lassen nun zwei Gesetzmässigkeiten erkennen:

1. Die Abhängigkeit des h von der Temperatur verläuft in dem beobachteten Temperatur-Bereich für alle vier Metalle gleichmässig. Dieses Resultat war übrigens vorauszusehen, weil die Dimensionen aller Stäbe dieselben waren und bei allen das gleiche Kühlgefäss benutzt wurde.

2. Innerhalb des beobachteten Temperatur-Bereichs verläuft die Grösse von h angenähert proportional dem entprechenden Wert der Wärmeleitfähigkeit k (vergl. die Werte von k, S. 177).

II. Die Messung der inneren Wärmeleitfähigkeit *k*.

(Vergl. I. S. 120 ff. und 136 ff.)

Es wurden wieder die stationären Temperaturen in der Mitte (Querschnitt II) des Stabes und in den Querschnitten, die um je 1 cm von den Enden entfernt sind (Querschnitt I und III), gemessen, während die Enden und die Umgebung des Stabes auf konstanter Temperatur gehalten wurden und ein Strom i den Stab durchfloss. Die zu Grunde liegende Formel lautet:

$$k = \frac{i^2 w}{2 J q l} \cdot \frac{C}{s_0 + C s_a \lambda^2}. \tag{4}$$

Hierin bedeutet:

w den Widerstand des Stabes zwischen Querschnitt I und III,
l die halbe Distanz zwischen Querschnitt I und III,
s_0 die Differenz zwischen den Temperaturen in Querschnitt II und I (resp. III),
s_a die Temperatur in den Querschnitten I und III (die Kühlwasser-Temperatur als 0° angenommen),

$$\lambda = \sqrt{\frac{h p}{k q}}\,; \quad C = \frac{e^{\lambda l} + e^{-\lambda l} - 2}{\lambda^2 (e^{\lambda l} + e^{-\lambda l})}$$

Tabelle 3 gibt die genauen Werte der Dimensionen der Stäbe an:

Tabelle 3.

Material	$2\,l'$	$2\,l$	q
Nickel . .	16,23	14,22	1,757
Eisen . . .	16,21	14,20	1,757
Kadmium .	16,23	14,20	1,757
Zink . . .	16,20	14,22	1,757

Hierin bedeutet:

$2\,l'$ die Gesamtlänge des Stabes in cm,
$2\,l$ die Länge des Stabes zwischen Querschnitt I und III in cm,
q den Querschnitt des Stabes in cm².

Tabelle 4 enthält die Resultate der Temperatur-Messungen:

Tabelle 4.

Material	i	s^{II}	s_a	s_o	w	u
Nickel . . .	129,4	5,118	1,410	3,708	0,00012018	16,4
	167,3	8,160	2,236	5,924	0,00012090	18,6
Eisen . . .	189,3	8,374	2,345	6,029	0,0001115	20,2
Kadmium . .	279,7	6,870	2,073	4,797	0,00006002	18,5
Zink . . .	275,6	4,346	1,321	3,025	0,00004790	17,2
	280,4	4,600	1,429	3,171	0,00004784	15,8

Hierin bedeutet:

s^{II} die Temperatur im Querschnitt II des Stabes und zwar der Mittelwert für beiderlei Stromrichtung (die Kühlwasser-Temperatur als 0° angenommen),

s_a den Mittelwert aus den Temperaturen in Querschnitt I und III, ebenfalls im Mittel für beide Stromrichtungen (die Kühlwasser-Temperatur als 0° angenommen),

u die Mitteltemperatur des Stabes in Celsius-Graden, berechnet aus $u = u_k + s_a + {}^2/_3\, s_o$, wo u_k die Kühlwasser-Temperatur in Celsius-Graden ist.

Die Bedeutung der übrigen Grössen ist schon oben angegeben worden.

Nimmt man zur Berechnung von k diejenigen Werte von h, die der Mitteltemperatur des Stabes entsprechen, so erhält man nach Gleichung 4 die folgenden Werte von k mit den zugehörigen Mitteltemperaturen u des Stabes:

Tabelle 5.

Material	k	u
Nickel . .	0,1200	16,4
	0,1204	18,6
Eisen . .	0,1480	20,2
Kadmium .	0,2235	18,5
Zink . . .	0,2774	17,2
	0,2753	15,8

Einheiten für k: cm, gr, sek, 1° C.

Dass die Werte von k für Nickel und Eisen von den in I. gefundenen etwas abweichen, rührt nur daher, dass das Material, wenn auch von der gleichen Sorte, doch von ganz anderen Stücken und von Stäben mit bedeutend grösserem Querschnitt geschnitten waren.

III. Die Messung des Peltier-Effekts Π.

(Vergl. I. S. 143 ff.)

Misst man zur Bestimmung des Peltier-Effekts wie in I. die Temperaturen in der Lötfläche (Querschnitt II) und in den Endflächen (Querschnitt I und III) der Stabkombinationen, so erhält man die in Tabelle 6 zusammengestellten Werte. Die Messung der Temperaturen in Querschnitt I und III war notwendig, weil die von Wasser bespritzten Endflächen der Stabkombinationen nicht genau die Kühlwasser-Temperatur annahmen. (Bei der Kombination Eisen-Nickel und bei der ersten Messung an der Kombination Kadmium-Nickel ist ausnahmsweise nicht die Temperatur in den Endquerschnitten gemessen worden, sondern diejenige in den Querschnitten, die um je $^1/_2$ cm von den Enden entfernt waren.)

Tabelle 6.

Kombination	i	$s^{\mathrm{I}}_{\pm}$	$S_{\pm}$	$s^{\mathrm{III}}_{\pm}$	$\varDelta S$	U
Eisen-Nickel. .	+ 119,4	1,020	8,630	1,056	9,136	289,5
	— 119,4	0,211	— 0,506	0,172		
Kadmium-Nickel	+ 169,3	0,966	8,037	1,413	7,014	290,0
	— 169,3	0,306	1,023	0,594		
Kadmium-Nickel (Wiederholung)	+ 169,3	0,335	7,974	0,330	6,869	289,7
	— 169,3	0,146	1,105	0,152		
Zink-Nickel . .	+ 189,3	0,434	8,123	0,219	6.940	290.2
	— 189,3	0,193	1,183	0.161		

$u_k = 12°,2$ bis $12°,6$

Hierin bedeutet:

i die Stromstärke in Ampères, positiv genommen, wenn der Strom vom erstgenannten zum zweitgenannten Metall fliesst; bei dieser Stromrichtung war der Peltier-Effekt für alle drei Kombinationen positiv,

$s^{\mathrm{I}}_{\pm}$, $S_{\pm}$, $s^{\mathrm{III}}_{\pm}$ die stationären Temperaturen in den Querschnitten I, II, III bei beiderlei Stromrichtung (die Kühlwasser-Temperatur als 0° angenommen),

$\varDelta S = S_+ - S_-$,

U die zu S_+ und S_- gehörende mittlere absolute Temperatur,

u_k die Kühlwasser-Temperatur in Celsius-Graden.

Berechnet man dann mit den Werten der Tabellen 2, 5 und 6 das Temperaturgefälle an den Enden ($x = l$) der Stabkombinationen (vergl.

I. S. 119 f.) nach der Formel:

$$(5) \qquad \left(-\frac{d s}{d x}\right)_{x=l} = \frac{2 \lambda (S_{\pm} - s_l) + a \lambda (e^{\lambda l} + e^{-\lambda l} - 2)}{e^{\lambda l} - e^{-\lambda l}},$$

wo $a = \frac{i^2 \omega}{J q h p}$ (ω = spez. Widerstand);
berechnet man ferner die Werte dl_1 und dl_2, um die man sich die beiden Stabteile verlängert denken muss, um an ihren Endquerschnitten wirklich die Temperatur 0 des Kühlwassers annehmen zu können, nach der Gleichung:

$$(6) \qquad dl = \frac{s_l}{\left(-\frac{d s}{d x}\right)_{x=l}}\,.$$

so erhält man folgende Tabelle:

Tabelle 7.

Kombination	q	l_1	l_2	$\overline{dl_1}$	$\overline{dl_2}$	l'_1	l'_2
Eisen-Nickel . . .	1,757	8,13	7,19	0,73	0,62	8,86	7,81
Kadmium-Nickel .	1,757	9,20	6,00	0,83	0,71	10,03	6,71
(Wiederholung) . .	1,757	9,64	6,43	0,31	0,16	9,95	6,59
Zink-Nickel . . .	1,757	9,85	6,28	0,47	0,11	10,32	6,39

Hierin bedeutet:

q den Querschnitt der Stäbe,

l_1 und l_2 die Abstände von Querschnitt II bis Querschnitt I resp. III,

$\overline{dl_1}$ und $\overline{dl_2}$ die nach Gleichung 5 und 6 berechneten Verlängerungen, im Mittel für beide Stromrichtungen,

$l'_1 = l_1 + \overline{dl_1}$; $l'_2 = l_2 + \overline{dl_2}$, d. h. die bei der Berechnung von Π nach Gleichung 3 zu verwendenden Längen der beiden Stabteile.

Nach der Formel 3 ergaben sich dann aus den Tabellen 5, 6, 7 und den Kurven S. 175 die folgenden Werte von Π mit ihren zugehörigen absoluten Temperaturen U:

Tabelle 8.

Kombination	Π	U
Eisen-Nickel .	0,02288	289,5
Kadmium-Nickel	0,01537	290,0
	0,01521	289,7
Zink-Nickel . .	0,01534	290,2

Einheiten für Π: $\frac{\text{gr Kal.}}{\text{absolute Stromeinheit Sekunde}}$

Um zu untersuchen, ob der Thomson-Effekt, der ja in Formel 3 nicht berücksichtigt worden ist, den Wert von Π nicht unbedeutend

beeinflussen könnte, soll der Einfluss eines solchen wenigstens für ein Metall, das Nickel, der Grössenordnung nach hier abgeschätzt werden. In I. hatte ich zwar die genaue Formel angegeben, die bei Berücksichtigung des Thomson-Effekts zu benützen wäre (I. S. 118), doch ist die Rechnung nach derselben ausserordentlich kompliziert.

Ich benütze den von Battelli[1]) gefundenen Wert des Thomson-Effekts in Nickel: $T = -1{,}1 \times 10^{-6}$ bei 20°, d. h. ein Strom von 1 Ampère erzeugt eine Wärmemenge von $-1{,}1 \times 10^{-6}$ gr Kal., wenn er von einem Querschnitt zu einem anderen fliesst, dessen Temperatur um 1° tiefer ist.

Nehmen wir die grösste vorkommende Stromstärke $i = 189{,}3$ (Kombination Zink-Nickel), so ist also der Thomson-Effekt zwischen zwei Querschnitten im Abstande 1 cm, wenn zwischen beiden eine Temperatur-Differenz von 1° herrscht:

$$\mp 1{,}1 \times 10^{-6} \times 189{,}3 \text{ gr Kal.} = 0{,}000208 \text{ gr Kal.},$$

der Joule'sche Effekt in diesem Stabstück beträgt aber, da sein Widerstand nach Tab. 4 $= 0{,}000120 : 14{,}22 = \overset{\Omega}{0{,}00000844}$ ist:

$$(189{,}3)^2 \times 0{,}00000844 \times 0{,}239 = 0{,}0723 \text{ gr Kal.}$$

Es würde also in diesem Fall die Thomson'sche Wärme ca. 3‰ der Joule'schen Wärme ausmachen. Nun ist jedenfalls bei der negativen Stromrichtung, d. h. im Falle eines negativen Peltier-Effekts an der Lötfläche der Kombination, das Temperaturgefälle im Nickel in der Nähe der Lötfläche grösser als 1° pro 1 cm, aber trotzdem glaube ich von einer Berücksichtigung des Thomson-Effekts, und zwar auch bei den übrigen Metallen, absehen zu dürfen, da in unserer Methode der Peltier-Effekt-Messung noch grössere Fehlerquellen vorhanden sind.

IV. Die Messung von $\frac{dE}{dU}$.

(Vergl. I. S. 125 ff. und 151 ff.)

Zum Verständnis der Bezeichnungen der folgenden Tabelle ist es notwendig die Beschreibung der Methode zur Messung von $\frac{dE}{dU}$, wie sie in I. gegeben wurde, z. T. zu wiederholen:

Man vervollständigt die zur Messung von Π benutzte Stabkombination zu einem Thermokreis, indem man an den Enden derselben Drähte aus dem gleichen Metall, welche die Kombination enthält, anlötet und den Kreis durch das Galvanometer (Widerstand w_g) und einen Rheostaten (Widerstand r_1) schliesst, so dass der Gesamtwider-

[1]) Atti della R. Acc. dei Lincei (4), Rendic. 3, 105—108, 1887.

stand des Kreises $(w_1 + w_g + r_1)$ beträgt. Dieser geschlossene Kreis werde mit „Th. I" bezeichnet. Die Kombination kommt mit der Lötfläche in die Mitte eines Wasserbades mit der Temperatur u zu stehen (Kühlwasser-Temperatur = 0 angenommen), während die Enden der Stabkombination und die zweite Lötstelle von „Th. I" auf Kühlwasser-Temperatur gehalten werden. u wird variiert und mit dem Thermoelement in der Lötfläche der Stabkombination bestimmt. Der geschlossene Kreis dieses Thermoelements werde mit „Th. II" bezeichnet. Die *E. M. K.* von „Th. I" ergibt sich aus dem Ausschlag x_1 am Galvanometer und dessen Empfindlichkeit ε:

$$(7) \qquad E^{(\text{Volt})} = (x_1 \cdot \varepsilon)^{(\text{Amp.})} \times (w_1 + w_g + r_1)^{(\text{Ohm})}.$$

Die Messungen wurden im Gegensatz zu I. so eingerichtet, dass man bei Änderung von u den Gesamtwiderstand $(w_2 + w_g)$ von „Th. II" und denjenigen von „Th. I", $(w_1 + w_g + r_1)$, nicht zu ändern brauchte (der Wert von r_2 in I. war hier immer = 0). Es war also keine Reduktion von x_2, (dem Galvanometerausschlag in „Th. II", welcher der Temperatur u entsprach) notwendig; ausserdem brauchte der Widerstand $w_2 + w_g$ gar nicht bekannt zu sein, weil die Aichung des Thermoelements bei dem gleichen Widerstand vorgenommen wurde. Beide Umstände tragen natürlich zur Erhöhung der Genauigkeit bei. Anstatt die Lötfläche bloss auf Temperaturen > Kühlwasser-Temperatur (wie in I.) zu bringen, wurden jetzt auch Temperaturen < Kühlwasser-Temperatur benützt.

Die Resultate der Messungen sind in Tabelle 9 zusammengestellt; die einzelnen Grössen haben die aus obigem zu entnehmende Bedeutung.

Tabelle 9.

Kombination	x_1	$w_1 + w_g + r_1$	E	u	$\frac{E}{u} = \frac{dE}{dU}$	$\varepsilon \times 10^8$
Eisen-Nickel	135,1	19,63	0,0001652	5,079	0,00003252	6,229
	229,7	19,63	0,0002808	8,663	0,00003242	6,229
Kadmium-Nickel	162,5	17,05	0,0001723	7,575	0,00002274	6,218
	108,9	17,03	0,0001150	5,107	0,00002252	6,203
	− 168,0	17,05	− 0,0001784	− 7,943	0,00002245	6,227
Zink-Nickel	252,6	12,05	0,0001893	8,580	0,00002207	6,223
	− 224,7	12,05	− 0,0001685	− 7,718	0,00002183	6,223

Die Kolonne mit $\frac{dE}{dU}$ zeigt, dass bei diesen Kombinationen schon innerhalb 16° die Kurve E als Funktion der Temperaturdifferenz der Lötstellen nicht mehr genau geradlinig verläuft.

V. Zusammenstellung der Resultate.

Unter Benützung der Tabellen 8 und 9 erhält man die folgende Schlusstabelle 10, in der auch noch die Schlussresultate von I. hinzugefügt sind.

Tabelle 10.

Kombination	Π	U	$\frac{dE}{dU}$	$\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$
Eisen-Nickel . . .	**0,02288**	289,5	3247	**0,02246**
Kadmium-Nickel .	**0,01530**	289,9	2257	**0,01564**
Zink-Nickel . . .	**0,01534**	290,2	2198	**0,01524**
Eisen-Konstantan .	**0,03249**	287,0	4744	**0,03254**
Kupfer-Nickel . .	**0,01385**	287,4	2075	**0,01425**
Kupfer-Konstantan.	**0,02437**	288,5	3574	**0,02464**

Einheiten für Π:	gr Kal. absolute Stromeinheit Sekunde	E in absoluten Einheiten (1 Volt = 10^8 abs.)

VI. Diskussion der Resultate.

Was die Fehlerquellen anbelangt, so verweise ich auf die Diskussion zu I. (S. 153 ff.).

Die Werte der Tabelle 10 scheinen das Gesetz von Thomson und Clausius-Budde zu bestätigen. Immerhin ist es auffällig, dass die Werte von Π meistens etwas unter denen von $\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$ liegen, obwohl nach dem über unsere Methode Gesagten der Wert von Π eher etwas zu gross ausfallen sollte. Nur die Kombination Eisen-Nickel macht eine wesentliche Ausnahme; doch diese erklärt sich einfach: Als ich nämlich am Schluss der Messungen die Kombination an der Lötfläche aufbrach, zeigte sich, dass an einigen Punkten der Lötfläche die Berührung nicht vollständig war. Das rührt natürlich daher, dass Eisen und Nickel sich so schwer zusammenlöten lassen. Bei den anderen Kombinationen war dieser Übelstand nicht zu befürchten, zumal da für jede einzelne Kombination ein Lötmittel benutzt wurde, das in seiner Zusammensetzung wenigstens dem einen der beiden Teile der Stabkombination verwandt war.

Jedenfalls beweisen die Resultate, dass, wenn wirklich nach den Entwicklungen von Boltzmann, Gleichung 2, eine Differenz zwischen den Werten von Π und $\frac{1}{J} U \frac{dE}{dU}$ vorhanden sein sollte, diese nur sehr gering ist.

Über die Bewegung des Sandkorns auf dem Sieb.

Von

Ernst Meissner.

Bei einer Reihe von Bewegungserscheinungen lässt sich der Einfluss der Reibung charakteristisch als Dämpfung bezeichnen. Dabei kann entweder ein Abklingen der Bewegung gegen Ruhezustand, ein Erlöschen stattfinden; oder aber eine asymptotische Annäherung an einen stationären Bewegungszustand. Dies wird abhängen von der Form des Reibungsgesetzes, d. h. der Art des Zusammenhangs zwischen der Grösse der Reibung und der Gleitgeschwindigkeit.

Ein über das axiomatische hinausgehendes Interesse scheint mir dabei folgendes Problem zu bieten:

Inwiefern wird bei einem solchen Vorgang die mögliche Form des Reibungsgesetzes eingeschränkt durch die Forderung, dass stationäre Bewegungen existieren, und die allgemeinen Bewegungen sich mit wachsender Zeit ihnen annähern?

Dies Problem soll hier am speziellen Beispiel des Sandkornes behandelt werden, das auf eine periodisch bewegte horizontale Siebebene aufgelegt, und von ihr vermöge der Reibung teilweise mitgenommen wird.

1. Formulierung des Problems.

Wir fassen die Aufgabe in folgende Form:

Eine horizontale, gleichmässig rauhe Ebene E (die Siebebene) bewegt sich so, dass alle ihre Punkte gleiche horizontale Kreise vom Radius r mit der konstanten Geschwindigkeit c $\left(\text{und der Winkelgeschwindigkeit } \omega = \frac{c}{r}\right)$ durchlaufen. Ein materieller Punkt P von der Masse 1 wird auf die Ebene geworfen. Seine Bewegung ist zu ermitteln.

2. Die Differentialgleichungen der Aufgabe.

Sei $O(x\,y)$ ein mit der Ebene E fest verbundenes Koordinatensystem, O_1 der im Raum feste Punkt, um den O gleichförmig rotiert. $\varphi = \omega t$ sei der Winkel, den der Strahl $O_1 O$ mit der (unveränderlichen) Richtung der Axe Ox zur Zeit t einschliesst. Der Punkt P habe zur Zeit t die Koordinaten (x, y) bezüglich dieses Systems. Dann sind[1] x', y' die Komponenten der Relativgeschwindigkeit von P zum System. Ihr Absolutwert sei w. Am Punkt P heben sich sein Eigengewicht und die Normalreaktion der Ebene E stets auf, sodass für die Bewegung bloss die Reibung an der Unterlage E in Frage kommt. Sie ist eine gewisse Funktion $R(w)$ der Relativgeschwindigkeit, und zwar werden wir $R(w)$ als eindeutig stetig und nicht negativ anzusehen haben.

Ist $w \neq 0$, so hat die absolute Beschleunigung von P nach den Axen von $O(x, y)$ die Komponenten:

$$p_x = -R(w)\cdot\frac{x'}{w}, \qquad p_y = -R(w)\cdot\frac{y'}{w},$$

denn die Reibung wirkt der Gleitgeschwindigkeit entgegengesetzt. Wenn man hiezu die mit umgekehrtem Sinn genommene Systemsbeschleunigung mit den Komponenten

$$c\,\omega\,\cos(\omega t) \qquad c\,\omega\,\sin(\omega t)$$

addiert, so erhält man nach Coriolis die Relativbeschleunigung mit den Komponenten

$$x'', \qquad y''.$$

Daraus folgen die Differentialgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} x'' &= -R(w)\cdot\frac{x'}{w} + c\,\omega\,\cos(\omega t) \\ y'' &= -R(w)\cdot\frac{y'}{w} + c\,\omega\,\sin(\omega t) \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

Sie gehen durch die Substitution

$$\left.\begin{aligned} u &= x'\cos(\omega t) + y'\sin(\omega t) \\ v &= x'\sin(\omega t) - y'\cos(\omega t) \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

über in

$$\left.\begin{aligned} u' &= \omega c - \omega v - R(w)\cdot\frac{u}{w} \\ v' &= \omega u - R(w)\cdot\frac{v}{w} \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

u und v haben eine einfache Bedeutung; es sind die Komponenten

[1] Akzente bezeichnen stets Ableitungen nach der Zeit.

von w normal und tangential zum Kreis, den der mit P zusammenfallende Systemspunkt beschreibt. Es ist insbesondere

$$w = +\sqrt{u^2 + v^2} \tag{4}$$

Aus (3) folgt noch

$$w\frac{dw}{dt} = u u' + v v' = \omega c u - R(w) \cdot w \tag{5}$$

$$u v' - v u' = \omega (w^2 - c v). \tag{6}$$

3. Die stationären Bewegungen.

Es soll jetzt die Frage nach den Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit w_1 gestellt werden. Zwei Fälle sind dabei auseinander zu halten.

A. Der Fall relativer Ruhe, $w_1 = 0$.

Hier verlieren die Gleichungen (1) ihre Gültigkeit, und es tritt die statische Reibung ins Spiel. Nun kann relative Ruhe nur dann dauernd bestehen, wenn jene im Stande ist, dem Punkt P die gleichförmige Kreisbewegung der Siebebene (die mit der Beschleunigung $c\,\omega$ erfolgt) aufzuzwingen. Dies ist der Fall[1]), wenn

$$R(0) \geqq c\,\omega \tag{7}$$

B. Der Fall $w_1 \neq 0$.

Sind u_1, v_1 die Komponenten von w_1, so genügen sie nach (5) und (6) den Gleichungen.

$$\omega c u_1 - R(w_1) \cdot w_1 = 0 \tag{5'}$$

$$w_1{}^2 - c v_1 = 0. \tag{6'}$$

Es sind also auch u_1 und v_1 konstante, und zwar positive Grössen. Eliminiert man sie mit Hülfe von

$$w_1{}^2 = u_1{}^2 + v_1{}^2, \tag{4'}$$

so folgt für die positive Grösse w_1 die Gleichung

$$\frac{R^2(w_1)}{\omega^2} + w_1{}^2 - c^2 = 0. \tag{8}$$

Entweder liegt nun der Fall (7) vor, oder es hat (8) wenigstens eine zwischen Null und c gelegene Lösung. Denn in diesem letztern Fall ist die linke Seite von (8) für $w_1 = 0$ negativ und für $w_1 = c$ positiv.

Sonach existiert stets wenigstens eine stationäre Geschwindigkeit w_1, und zwar ist

$$0 \leqq w_1 \leqq c.$$

[1]) Um Weitschweifigkeiten zu vermeiden, wird kein Unterschied zwischen voll entwickelter statischer und dynamischer Reibung gemacht, erstere also gleich $R(0)$ gesetzt.

Ist $w_1 \neq 0$, so bildet w_1 mit der Systemsgeschwindigkeit c den aus

$$tg\,\alpha = -\frac{u_1}{v_1}$$

zu bestimmenden, stumpfen und konstanten Winkel α. Es ändert w_1 also gleichförmig seine Richtung. Die Bahn der stationären Bewegung von P auf der Ebene E ist also ein Kreis, der mit der Winkelgeschwindigkeit ω und der peripherischen Geschwindigkeit w_1 durchlaufen wird, der also den Radius

$$\varrho = \frac{w_1}{\omega} < \frac{c}{\omega} = r$$

besitzt.

4. Das Postulat.

Da c und ω unabhängig von einander und willkürlich gewählt werden können, so kann die Ebene E eine zweiparametrige Schar von Bewegungen ausführen.

Wir fordern jetzt:

Für keine Bewegung der Schar soll mehr als eine stationäre Geschwindigkeit w_1 existieren.

Die Gleichung (8) soll also für $R(0) < c\,\omega$ stets nur eine positive Lösung besitzen.

Als erste Folgerung ergibt sich folgende:

Die Reibungsfunktion $R(w)$ nimmt mit w monoton zu oder doch nicht ab.

In der Tat, wäre $w_2 > w_1$, aber $R(w_2) < R(w_1)$, so könnte man ω und c positiv reell bestimmen aus den Gleichungen

$$\omega^2 = -\frac{R(w_2) - R(w_1)}{w_2 - w_1} \qquad c^2 = \frac{R^2(w_1)}{\omega^2} + w_1^2$$

und die Gleichung (8) hätte für diese Werte von ω und c die zwei verschiedenen positiven Lösungen w_1 und w_2.

Die Bedingung der Monotonie genügt aber auch umgekehrt, damit die Forderung des Postulates erfüllt werde. Denn dann wächst die linke Seite von (8) mit w_1 monoton, und wird ferner dann und nur dann für einen positiven Wert w_1 und auch nur einmal zu Null, wenn $R(0) < c\,\omega$ ist.

5. Die Approximation der allgemeinen Bewegung an den Zustand relativer Ruhe.

Sei $R(0) > c\,\omega$, dann bleibt P in relativer Ruhe zur Ebene E, wenn dies in irgend einem Moment der Fall ist. Wenn nicht, so tritt eine Relativbewegung ein, die mit wachsender Zeit erlischt.

Nach (5) ist nämlich

$$w \frac{dw}{dt} = \omega \cdot c\,u - R(w) \cdot w \leq \omega \cdot c\,u - R(0) \cdot w \leq \omega\,c\,(u - w) \leq 0$$

w kann nach vorigem einen von Null verschiedenen Wert nicht dauernd annehmen, nimmt sonach gegen einen Grenzwert unbegrenzt ab. Man sieht leicht, dass dieser Grenzwert von Null nicht verschieden sein kann.

6. Die Approximation an die stationäre Bewegung.

Sei jetzt $R(0) < c\,\omega$, so dass die stationäre Geschwindigkeit $w_1\,(u_1, v_1)$ von Null verschieden ist. Wir verfolgen eine bei beliebigen Anfangsbedingungen auftretende Bewegung des Punktes P, indem wir in einer (u, v) Ebene die zugehörigen Grössen (u, v) als rechtwinklige Koordinaten eines Punktes Π deuten. Sie sind Funktionen der Zeit, die den Gleichungen (3) genügen. Der Punkt $\Pi\,(u, v)$ beschreibt also eine zu P zugeordnete Bewegung, eine Art Hodographenbewegung. Nur wenn P die stationäre Geschwindigkeit w_1 beibehält, bleibt Π dauernd im Punkte $\Pi_1\,(u_1, v_1)$ in Ruhe. In allen übrigen Fällen beschreibt Π mit endlicher Geschwindigkeit eine Bahn, die weder Doppelpunkte, noch Spitzen aufweist. Dies lehrt die Form der Gleichungen (3).

Wir werden jetzt nachweisen, dass sich Π mehr und mehr dem Punkte Π_1 nähert. Sei $\Pi_1\,\Pi = \varrho > 0$, dann hat man

$$\varrho^2 = (u - u_1)^2 + (v - v_1)^2$$

$$\frac{d\varrho}{dt} = \frac{1}{\varrho}\left\{(u - u_1)\,u' + (v - v_1)\,v'\right\}$$

und wegen (3)

$$\frac{d\varrho}{dt} = \frac{1}{\varrho}\left\{\omega \cdot c\,(u - u_1) - R(w) \cdot w - \omega\,(u\,v_1 - v\,u_1) + \frac{R(w)}{w}(u\,u_1 + v\,v_1)\right\}$$

Sei O_0 der Anfangspunkt des $(u\,v)$ Koordinatensystems, α der Winkel des Strahls $O_0\,\Pi_1$ mit der u-Axe, dann gilt

$$u_1 = w_1 \cos\alpha \qquad v_1 = w_1 \sin\alpha$$

und man kann weiter setzen:

$$u = w \cos(\psi + \alpha) \qquad v = w \sin(\psi + \alpha).$$

Es wird aber jetzt:

$$\frac{d\varrho}{dt} = \frac{1}{\varrho}\left\{\cos\psi \cdot \left[R(w) \cdot w_1 + R(w_1)\,w\right] - \left[R(w) \cdot w + R(w_1)\,w_1\right]\right\}$$

$\frac{d\varrho}{dt}$ ist bei gegebenem w am grössten für $\cos\psi = 1$, da ja die Ausdrücke in den eckigen Klammern positiv sind. Somit ist

$$\frac{d\varrho}{dt} < \frac{1}{\varrho}\left\{ R(w)\cdot w_1 + R(w_1)\,w - R(w)\,w - R(w_1)\,w_1 \right\} =$$

$$= -\frac{1}{\varrho}(w - w_1)\Big(R(w) - R(w_1)\Big)$$

also

$$\frac{d\varrho}{dt} < 0. \tag{9}$$

Das Gleichheitszeichen tritt überhaupt nur in dem Fall ein, wo $R(w)$ in der Umgebung von $w = w_1$ konstant ist, und auch da nur in den vereinzelten Augenblicken, wo Π den Halbstrahl $Q_0\,\Pi_1$ mit von Null verschiedener Geschwindigkeit passiert. Daher folgt aus (9), dass mit wachsender Zeit ϱ unbegrenzt und zwar nach Null abnimmt, und es erscheint dies Resultat als direkte Konsequenz aus der Monotonie von $R(w)$. Π nähert sich mehr und mehr Π_1, also die Bewegung von P mehr und mehr der stationären Kreisbewegung. Da dies von jeder Bewegung gilt, ist die letztere selbstverständlich stabil.

7. Der Bewegungsverlauf in der Nähe der stationären Bewegung.

Wenn Π nahe an Π_1 gelangt ist, so sind

$$\xi = u - u_1 \qquad \eta = v - v_1$$

kleine Grössen, und man darf neben ihnen ihre Quadrate und Produkte vernachlässigen. Die Gleichungen (3) gehen über in

$$\xi' = a_1\,\xi + b_1\,\eta \qquad \eta' = a_2\,\xi + b_2\,\eta. \tag{10}$$

Hier sind folgende Abkürzungen eingeführt:

$$z = \frac{R(w_1)}{w_1} - R'(w_1) \qquad R'(w_1) = \left[\frac{d\,R(w)}{d\,w}\right]_{w = w_1} > 0$$

$$a_1 = z\cos^2\alpha - \frac{R(w_1)}{w_1} \qquad b_1 = z\sin\alpha\cdot\cos\alpha - \omega$$

$$a_2 = z\sin\alpha\cdot\cos\alpha + \omega \qquad b_2 = z\sin^2\alpha - \frac{R(w_1)}{w_1}.$$

Aus (10) folgt die sowohl für ξ als η gültige Differentialgleichung

$$\xi'' - \xi'(a_1 + b_2) + \xi(a_1\,b_2 - a_2\,b_1) = 0\,. \tag{11}$$

Es ist hiebei

$$\left.\begin{aligned} a_1 + b_2 &= -\left(\frac{R(w_1)}{w_1} + R'(w_1)\right) < 0 \\ a_1\,b_2 - a_2\,b_1 &= \omega^2 + \frac{R(w_1)}{w_1}\cdot R'(w_1) > 0 \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

Aus (12) ergibt sich aber

$$\lim_{t=\infty} \xi = 0 \qquad \lim_{t=\infty} \eta = 0$$

als Bestätigung des über die Approximation Gesagten. Die Diskriminante Δ der charakteristischen Gleichung von (11) hat den Wert

$$\Delta = (a_1 - b_2)^2 + 4\, b_1\, a_2 = z^2 - 4\, \omega^2 .$$

Es nähert sich demnach Π an Π_1 aperiodisch oder oszillatorisch, je nachdem $\left(\frac{R(w_1)}{w_1} - R'(w_1)\right)^2$ grösser oder kleiner als $4\,\omega^2$ ausfällt. Im aperiodischen Fall ist die Grenzlage der Tangente an die Bahn von Π für $\Pi = \Pi_1$ bestimmt durch

$$\lim_{t=\infty} \frac{\eta}{\xi} = \frac{-z\cos 2\,\alpha + \sqrt{z^2 - 4\,\omega^2}}{z \sin 2\,\alpha - 2\,\omega},$$

im oszillatorischen Fall windet sich die Bahn von Π asymptotisch um den Punkt Π_1.

8. Das spezielle Reibungsgesetz: R proportional w.

Setzt man $R = \omega\, k\, w$, wo k irgend eine Konstante ist, so werden die Gleichungen (3) geschlossen integrierbar. Sie gehen über in

$$\left.\begin{aligned} \frac{u'}{\omega} &= c - v - k\,u \\ \frac{v'}{\omega} &= u - k\,v \end{aligned}\right\}$$

woraus zunächst

$$u_1 = \frac{c\,k}{k^2+1}, \qquad v_1 = \frac{c}{k^2+1}, \qquad w_1 = \frac{c}{\sqrt{k^2+1}},$$

und alsdann

$$u = u_1 + \Big[A\cos(\omega\, t) + B\sin(\omega\, t) \Big]\, e^{-k\,\omega\, t}$$

$$v = v_1 + \Big[A\sin(\omega\, t) - B\cos(\omega\, t) \Big]\, e^{-k\,\omega\, t}$$

Ist zur Zeit $t = 0$ Π in $\Pi_0\,(u_0\, v_0)$, so ist

$$A = (u_0 - u_1) \qquad B = -(v_0 - v_1)$$

und

$$\Pi_1\, \Pi = \varrho = \Pi_1\, \Pi_0 \cdot e^{-k\,\omega\, t}$$

sowie

$$\angle\, \Pi\, \Pi_1\, \Pi_0 = \omega\, t .$$

Die Bahnkurve von Π ist also eine logarithmische Spirale mit Π_1 als Windungspunkt, und der Fahrstrahl $\Pi_1\, \Pi$ dreht sich bei der Bewegung gleichförmig um Π_1 mit der Winkelgeschwindigkeit ω.

Auch die Gleichungen (1) lassen sich hier sofort integrieren. Es wird

$$\left.\begin{aligned} x &= \text{Konstante} + \frac{u_1}{\omega}\sin(\omega\, t) - \frac{v_1}{\omega}\cos(\omega\, t) - \frac{A}{k\,\omega}\, e^{-k\,\omega\, t} \\ y &= \text{Konstante} - \frac{u_1}{\omega}\cos(\omega\, t) - \frac{v_1}{\omega}\sin(\omega\, t) - \frac{B}{k\,\omega}\, e^{-k\,\omega\, t} . \end{aligned}\right\}$$

9. Konstante Reibung.

Dieser Fall soll zum Schluss noch besprochen werden. Wir setzen also

$$R = \omega \cdot k = \text{konstant.}$$

Es ist entweder $w_1 = 0$ oder $w_1 = \sqrt{c^2 - k^2}$. Die Gleichungen (3) lassen sich hier nicht geschlossen integrieren. Dagegen führt ein

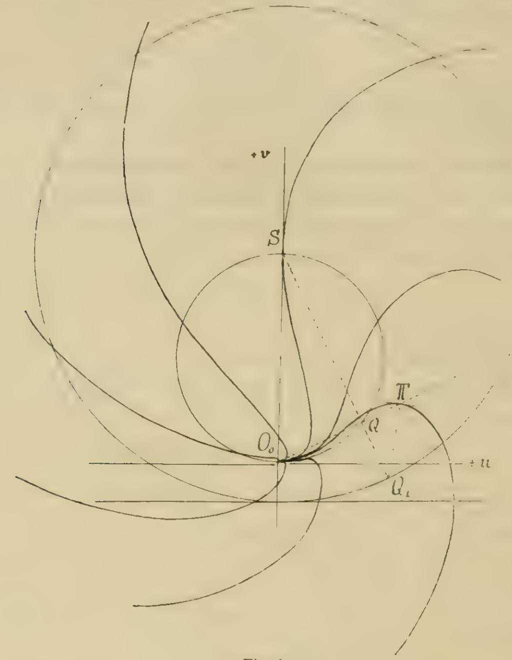


Fig. 1.

einfaches graphisches Verfahren sehr rasch zur Bestimmung der Bahn des Punktes Π. Man ziehe in der (uv)-Ebene den Kreis

$$u^2 + v^2 - c\,v = 0$$

auf dem wegen (6′) der Punkt Π_1 gelegen ist. Man schneide ihn in Q (Fig. 1) mit dem Halbstrahl $O_0\,Q$, der mit der positiven u-Axe den Winkel β bildet. Sodann lege man um den im Abstand c von O_0 auf der positiven v-Axe gelegenen Punkt S den Kreis vom Radius k. Schneidet er den ersten Kreis reell, so ist Π_1 der Schnittpunk mit

positiven Quadranten. Man projiziere nun den Punkt Q von S aus auf diesen zweiten Kreis nach Q_1. Q_1 hat die Koordinaten $k \sin \beta$, $c - k \cos \beta$. Ist nun Π ein beliebiger Punkt des Halbstrahls $O_0\,Q$, so zeigt man vermittelst der Gleichungen (3) leicht, dass die Geschwindigkeit von Π senkrecht steht zu $\Pi\,Q_1$. Daraus folgt aber eine einfache

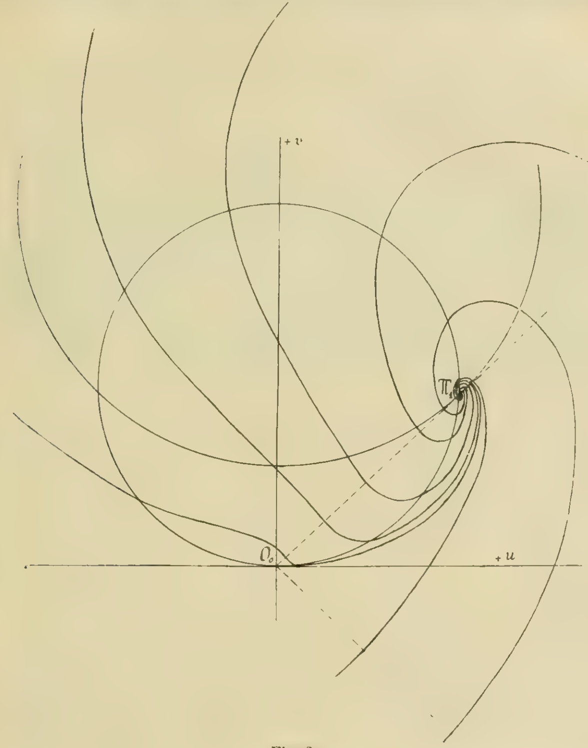


Fig. 2.

Konstruktion der Tangente an die Bahn von Π, die zur angenäherten Ermittlung der Bahn benützt werden kann.

Auf diesem Wege sind die Fig. 1 und 2 ermittelt worden. Fig. 1 gibt die Bahnen des Punktes Π für eine Reihe von Anfangslagen Π_0, und für den Fall, wo die Bewegung mit wachsender Zeit erlischt. In Fig. 2 existiert eine von Null verschiedene stationäre Geschwindig-

keit w_1. Der Punkt Π_1 bildet für die Bahnen von Π einen Windungspunkt. In dem Winkelraum zwischen den punktierten Halbstrahlen ist w im Zunehmen, ausserhalb im Abnehmen begriffen.

Es ist endlich noch leicht einzusehen, dass die Gleichungen (3) durch ein dem beschriebenen analoges Verfahren bei beliebigem z. B. graphisch gegebenen Reibungsgesetz graphisch integriert werden können.

10. Die Resultate der Untersuchung.

Bei dem betrachteten Bewegungsvorgang existiert stets wenigstens eine stationäre Bewegung. Damit es auch stets nur eine solche gebe ist notwendig und hinreichend ein monoton zu- oder doch nicht abnehmendes Reibungsgesetz. Dieses garantiert nicht nur die Stabilität der stationären Lösung, sondern es nähern sich dann sämtliche Bewegungen mit wachsender Zeit asymptotisch der stationären an, zu was für Anfangsbedingungen sie auch gehören mögen. Es ist also dazu keine weitere Einschränkung des (monotonen) Reibungsgesetzes nötig. Die stationäre Bewegung, die approximiert wird, ist entweder relative Ruhe oder eine gleichförmige Kreisbewegung, die sich mit derselben Winkelgeschwindigkeit wie die der Siebpunkte, aber auf einem kleinern Kreise und mit einer gewissen Hysterisis vollzieht.

Die anfängliche Suszeptibilität von Nickel in Abhängigkeit von der Temperatur und die Abhängigkeit des Umwandlungspunktes von der Feldstärke.

Von

Demetrius M. Radovanović.

Einleitung.

Der Einfluss der Temperatur auf die magnetischen Eigenschaften von ferromagnetischen Körpern war schon lange Gegenstand zahlreicher Untersuchungen, und es war längst bekannt, dass Nickel, Eisen und Kobalt bei gewissen Temperaturen die „magnetischen Eigenschaften“ verloren, wie man sich ausdrückte.

Hopkinson[1]) fand für Gusseisen, einem schwachen, magnetischen Felde ausgesetzt, ein Anwachsen der Suszeptibilität beim Erhitzen bis zu 775° C. und ein rapides Abnehmen, wenn die Temperatur weiter erhöht wurde. Bei Anwendung eines starken Feldes zeigte sich der Übergang vom ferromagnetischen zum paramagnetischen Zustand weniger plötzlich, doch gleichfalls vollständig und im Grossen und Ganzen bei der gleichen Temperatur. Er nannte diese Temperatur die kritische Temperatur, die bei den verschiedenen Eisensorten zwischen 690° und 870° C. gefunden wurde. Für unreines Nickel[2]) war die kritische Temperatur 310° C. und stets gleich für die verschiedenen Feldstärken $H = 2{,}5$ bis $H = 50$ C. G. S.

Die Experimente von Rowland[3]), Baur[4]) und Hopkinson[1]) bezogen sich auf die Untersuchung der Magnetisierungs- oder Induktions-Kurve in Funktion der Feldstärke H bei verschiedenen, während der Versuche konstant gehaltenen Temperaturen. Sie fanden im allgemeinen, dass die Suszeptibilität bei schwachen Feldern mit zunehmender Temperatur steigt, in starken Feldern jedoch mit steigender Temperatur abnimmt.

[1]) Hopkinson: Magnetic and other Physical Properties of Iron at a high Temp.; Phil. Trans. 1889 A, p. 443.

[2]) Hopkinson: Properties of an impure Nickel. Proc. Roy. Soc. Vol. XLIV, 1888, p. 317. — S. auch du Bois: Phil. Mag. 1890, March.

[3]) Rowland: Phil. Mag. 1874, Nov.

[4]) C. Baur: Exp. Untersuchung über die Natur der Magnetisierungsfunktion. Wied. Ann. Vol. XI, 1880, S. 399.

Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur-Variation bei konstant gehaltener Feldstärke sind zuerst von Wiedemann[1]) ausgeführt worden, in denen er zeigte, dass der erste Einfluss einer jeglichen Temperaturänderung auf den Magnetismus des Eisens nicht reversibel ist und von der Vorgeschichte des zu untersuchenden Stückes abhängt, dass jedoch zuletzt der Vorgang umkehrbar wird, wenn die abwechselnde Erwärmung und Abkühlung genug oft wiederholt wurde.

Das Auftreten von Hysteresis der Magnetisierung infolge von Temperaturänderungen in der Nähe des kritischen Punktes (= kritische Temperatur, s. o.) ergaben auch die Versuche von Osmond[2]) mit hartem Stahl und von Hopkinson[3]) mit Eisennickel-Legierungen, so dass sich eigentlich zwei kritische Punkte zeigten, einer beim Erwärmen, der andere beim Abkühlen. Aus diesen Untersuchungen wurde gefolgert, dass andere Metalle, ausser Nickel, Eisen und Kobalt, nur deshalb unmagnetisch sind, weil die anwendbaren Temperaturen oberhalb des kritischen Punktes liegen und dass sie vielleicht magnetisch würden, wenn die Temperatur nur hinreichend erniedrigt werden könnte.[4])

Es seien noch die Untersuchungen von C. Baur[5]) und Lord Rayleigh[6]) bei gewöhnlicher Temperatur in schwachen Feldern erwähnt, die einen parabolischen Verlauf der Magnetisierungs- und der Induktions-Kurve in Funktion der Feldstärke H zeigen; die Suszeptibilität k und die Permeabilität μ verlaufen somit in diesem Bereich geradlinig und nehmen einen endlichen Wert für $H = 0$ an. In sehr schwachen Feldern von 0,04 bis 0,00004 C. G. S. ergaben für hartes Eisen die Versuche von Lord Rayleigh einen geradlinigen Verlauf der Kurve $I = f(H)$; μ und k sind somit konstant, und er sagt: „In view of this, neither theory nor observation give us any reason for thinking that the proportionality would fail for still smaller forces".

---

[1]) Wiedemann: Galvanismus. II, § 522. — S. auch Ewing: Phil. Trans. 1885, p. 633.

[2]) Osmond: Transformations du fer et du carbone. Mém. de l'Artillerie de la Marine, 1888.

[3]) Hopkinson: Proc. Roy. Soc. Dec. 1889, Jan. 1890, May 1890. — S. auch H. F. Newall: Phil. Mag. June 1883. — F. T. Tronton: Rep. Brit. Assoc. 1889, p. 517. — F. T. Tronton: Proc. Roy. Dublin Soc. 1886.

[4]) F. Hegg: Thèse, Zurich 1910. — S. auch: Archives des Scs. Phys. et Nat. 1910, t. XXVIII.

[5]) C. Baur: Inaugural-Dissertation, Zürich 1879. — C. Baur: Wied. Ann. XI. 1880, S. 399.

[6]) Lord Rayleigh: Phil. Mag. 1887, March, p. 225—245. — S. auch R. Gans: Ann. der Physik 1908, 27, S. 1. — R. Gans: Ann. der Physik 1909, 29, S. 301. — R. Gans: Einführung in die Theorie des Magnetismus. Leipzig 1908. — Dubois & Taylor: Elektrotechn. Zeitschrift 1896, S. 543.

Im Feldbereich von 0,04 bis 1,2 C. G. S. dagegen fand er für das gleiche Eisen den oben erwähnten parabolischen Verlauf von $I = f(H)$.

Tomlinson[1]) untersuchte den Einfluss der Temperatur auf die anfängliche Permeabilität c und auf die anfängliche Neigung d der Permeabilitätskurve in der Region, in welcher die Relation von der Induktion B zu der Feldstärke H durch die parobolische Form

$$B = c\,H + d\,H^2$$

ausgedrückt wird, und fand, dass sowohl c als d zunahmen, wenn die Temperatur von 0° auf 100° C. erhöht wurde.

Ausführliche Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Magnetisierungsgrössen stammen noch von P. Curie[2]) und in neuester Zeit experimentell und theoretisch zugleich von P. Weiss[3]).

Es sei die Stelle aus „Molekulares Feld und Ferromagnetismus" [4]), welche den Anlass zur vorliegenden Arbeit gab, zitiert:

„Der Koeffizient der ersten Potenz von H (im Ausdruck für die „resultierende Intensität der Magnetisierung J) bedeutet die anfäng- „liche Suszeptibilität, von der Lord Rayleigh[5]) gezeigt hat, dass „sie in allen kleinen reversiblen Änderungen der Intensität der Mag- „netisierung auftritt, sogar wenn die Magnetisierung einen grösseren „Bruchteil der Sättigungsintensität erreicht. Die Theorie erklärt also „diese Konstanz der reversiblen Suszeptibilität. Aber sie gestattet „eine leicht kontrollierbare Konsequenz hinzuzufügen. Diese anfäng- „liche Suszeptibilität kann geschrieben werden:

$$k_0 = \frac{1}{3}\left(\frac{1}{N_1 - N_2} + \frac{1}{N_1 - N_3}\right)$$

„[worin N_1, N_2, N_3 die Hauptmagnetisierungsfaktoren für die drei „aufeinander senkrechten Symmetrieachsen des Kristalles bedeuten]. „Sie ist also von der Temperatur unabhängig, wenn die Koeffizienten „N_1, N_2, N_3 selbst von der Temperatur unabhängig sind, wie wir es „bis jetzt angenommen haben. Die Versuche über die Änderung der „Suszeptibilität mit der Temperatur[6]) in den schwachen Feldern „scheinen mit dieser Konsequenz der Theorie vereinbar zu sein. Sie „geben meist eine schwache Zunahme der Suszeptibilität mit der „Temperatur. . . . . Die Schwierigkeit der Deutung dieses und ähn-

[1]) Tomlinson: Proc. Roy. Soc. 1889, Dec. 5. — S. auch Ewing: Induction in Iron. 3th ed. London, Ch. VI, p. 124—135.

[2]) P. Curie: Ann. Chim. Phys. 1895, t. V, p. 289. — P. Curie: Oeuvres, publ. par la Soc. franç. de Phys. p. 232—334.

[3]) P. Weiss: L'hypothèse du champ moléculaire et la propriété ferromagnétique. J. de phys. 1907, 4e sér., t. 6, p. 661.

[4]) P. Weiss: Phys. Zeitschrift 1908, S. 358—367.

[5]) Lord Rayleigh: loc. cit.

[6]) Ewing: loc. cit., p. 166.

„licher Experimente rührt daher, dass bei höheren Temperaturen das „Bereich der reversiblen Erscheinung sehr eng wird, wie an gewissen „Kurven von Hopkinson[1]) ersichtlich. Neue Versuche mit genauer „Bestimmung dieses Bereiches bei höheren Temperaturen sind not-„wendig."

Vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Professor Dr. P. Weiss, dem ich an dieser Stelle meinen besten Dank für seine wertvollen belehrenden Ratschläge und seine wohlwollende aufmunternde Hilfe abstatte, im physikalischen Laboratorium der eidg. polytechnischen Schule in Zürich in den Jahren 1908—1910 ausgeführt.

A. DIE ANFÄNGLICHE SUSZEPTIBILITÄT VON NICKEL IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR.

I. Versuchsmittel.

1. Methode.

Zur Bestimmung der Suszeptibilität des Nickels wurde nach Rowland das zu untersuchende Metall in Ringform[2]) gebracht und mit einer Lage von spiralförmigen Windungen für den primären und einer zweiten für den sekundären Stromkreis bewickelt.

Da der grösste Teil der Arbeit auf der ballistischen Methode[3]) beruht, so sei dieselbe hier kurz zusammengefasst.

Ein durch die primäre Bewicklung gesandter Strom i in absoluten Einheiten erzeugt im Innern des Nickels eine magnetisierende Kraft

$$H = \frac{4\pi N_1}{l} \cdot i = \frac{2 N_1}{r} \cdot i,$$

worin N_1 die Windungszahl der Primärbewicklung und l die mittlere Länge der Kraftlinien (der mittlere Umfang $l = 2\pi r$ des Ringes) in cm bedeuten. Da jedoch die Feldstärke vom inneren Umfange des Ringes nach dem äussern zu in Form einer Hyperbel abnimmt, so muss die mittlere magnetisierende Kraft H_m aus der Gesamtzahl der durch den Querschnitt des Nickelringes gehenden Kraftlinien berechnet werden.[4]) Diese ist

$$z = 2 N_1 i h \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = 2 N_1 i h \operatorname{logn}\left(\frac{r_2}{r_1}\right),$$

[1]) Ewing: loc. cit., p. 174, Fig. 82.

[2]) Rowland: Magnetisation of an Iron Ring. Phil. Mag. Vol. XLVI, 1873, p. 151.

[3]) Lord Kelvin: Phil. Trans. Vol. CLXVI, p. 693. — Ewing: Magn. Induction in Iron. London, 3th ed., Ch. III and IV.

[4]) Obige Gleichung für H gilt nur für solche Ringbreiten, bei welchen das Hyperbelstück innerhalb der Ringbreite als Gerade angesehen werden kann.

worin h die Höhe des Nickelringes bedeutet. Die Division obiger Gleichung durch den Querschnitt des Ringes $q = h(r_2 - r_1)$ ergibt die mittlere magnetisierende Kraft

$$H_m = \frac{2 N_1 i}{r_2 - r_1} \cdot \operatorname{logn}\left(\frac{r_2}{r_1}\right), \tag{1}$$

welche in der Entfernung

$$r_m = \frac{r_2 - r_1}{\operatorname{logn}\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

vom Mittelpunkt des Ringes wirkt.

Ändert sich nun i um $d\,i$, so wächst die magnetisierende Kraft H_m um $d\,H_m$, und in der sekundären Bewicklung wird dadurch ein Induktionsstrom erregt, der, durch ein Spiegelgalvanometer gesandt, einen Ausschlag hervorruft, proportional der hindurchgegangenen elektrischen Menge. Bedeutet B die Induktion des Nickels, q dessen Querschnitt und N_2 die Anzahl der sekundären Windungen, so ist die Gesamtzahl der Kraftlinien, die für den sekundären Stromkreis in Betracht kommt:

$$z_s = B\,q\,N_2$$

und die bei Änderung von i um $d\,i$ in demselben erzeugte elektromotorische Kraft

$$e = -\frac{d z_s}{d t} = -q\,N_2\,\frac{d B}{d t}.$$

Durch Kommutieren des primären Stromes wird auch das Feld im Ringe umgekehrt, d. h. es geht von einem bestimmten Werte zum gleich grossen entgegengesetzten über; die Änderung der Induktion B ist somit $2\,B$ und es wird

$$\int e\,d\,t = -2\,q\,N_2\,B$$

und die elektrische Menge

$$m = \frac{\int e\,d\,t}{w} = -\frac{2\,q}{w}\,N_2\,B,$$

wenn w der Widerstand des sekundären Stromkreises ist.

Die Selbstinduktion entfällt bei der Integration.

Da die elektrische Menge m proportional dem Ausschlage x des Galvanometers ist, so kann auch gesetzt werden

$$m = C\,x,$$

worin C die Galvanometerkonstante bedeutet. Aus den beiden letzten Gleichungen folgt

$$B = -\frac{C\,w}{2\,q\,N_2} \cdot x. \tag{2}$$

Die Magnetisierungs-Intensität ist nun

$$I = \frac{B - H}{4\pi} \tag{3}$$

und die Suszeptibilität

$$k = \frac{I}{H}. \tag{4}$$

Es handelt sich noch darum, die Konstante C zu bestimmen, respektive zu eliminieren, worauf später zurückgekommen werden wird. (Siehe Seite 508).

2. Vorversuche zur Ermittelung der Ringgrösse.

Um annähernd eine bestimmte, durch die Empfindlichkeit des Galvanometers gegebene Genauigkeit der späteren Versuche zu erhalten, wurde die Grösse des Nickelringes nach vorangegangenen Untersuchungen mit Eisenringen ermittelt.

Diese Voruntersuchungen wurden bei gewöhnlicher Temperatur und mit den gleichen kleinen Feldstärken vorgenommen, die auch später zur Anwendung kommen sollten. Die dabei gefundenen Suszeptibilitätswerte wurden in Funktion des Feldes H aufgetragen, zu einer Kurve vereinigt und der Schnitt dieser Kurve mit der Achse $H = 0$ durch Extrapolation bestimmt. Die so ermittelte Abszisse gibt den Wert der „anfänglichen Suszeptibilität" des Metalls für gewöhnliche Temperatur an.[1])

Wird bei Eisen und Nickel die gleiche Zahl Ampèrewindungen auf den Centimeter des mittleren Umfanges vorgesehen, so hängt unter obigen Voraussetzungen und sonst gleichen Umständen die Grösse des Galvanometerausschlages noch von der anfänglichen Suszeptibilität des Metalls, vom Querschnitt des Ringes und von der Anzahl der sekundären Windungen ab, was aus den Gleichungen (1) u. (2) (Seite 497) zu ersehen ist.

Die anfängliche Suszeptibilität des zu untersuchenden Nickels war nicht bekannt. Einigen Werken[2]) wurden aber die anfänglichen Suszeptibilitäten verschiedener Nickelsorten entnommen und daraus ein Mittelwert von $a \backsim 5{,}5$ C. G. S. berechnet; einige Angaben konnten auch aus früheren Versuchen im Laboratorium selbst erhalten werden.

Bei den Vorversuchen wurden zwei Ringe verwendet. Der eine aus weichem Eisen hatte bei 14,2 cm mittlerem Durchmesser 2,35 cm^2 Querschnitt, der andere aus weichem Stahl bei 14,3 cm mittlerem Durchmesser einen Querschnitt von 2,46 cm^2. Die anfängliche Sus-

[1]) Lord Rayleigh: Magnetisme in weak fields. Phil. Mag. 1887, March. — Ewing: Magn. Ind. in Iron, 3th ed., Ch. VI.

[2]) Rowland: Magnetisation of an Nickel Ring. Phil. Mag. 1874, Nov.

zeptibilität bei gewöhnlicher Temperatur war bei ersterem 4,56 absolute Einheiten, bei letzterem 13,0.

Unter Annahme von Galvanometerausschlägen der gleichen Grössenordnung für die Vor- und die Hauptversuche blieben daher zwei Variable zu ermitteln: Der Querschnitt des zu untersuchenden Nickelringes und die Anzahl der sekundären Windungen.

Vor der Bestimmung der Ringdimensionen wurde noch Folgendes in Erwägung gezogen. Die Genauigkeit der Resultate steht in direktem Verhältnis zum Ringquerschnitt. Mit einem somit wünschenswerten grösseren Ringvolumen wächst aber auch die Grösse des Ofens und damit weiter die Schwierigkeit, bei diesem die Temperatur in allen Teilen konstant zu erhalten. Es war daher geboten, mit der Ofengrösse nicht zu weit zu gehen.

Ein Ausgangspunkt war im inneren Durchmesser des Ringes gegeben, der nicht nur für die primären und sekundären Windungen mit ihren Isolationen, sondern auch für das achsial einzuführende Platinwiderstandsthermometer genügend Platz bieten musste. Aus der Annahme von ca. 150 Windungen im Ganzen folgte ein innerer Ringdurchmesser von ca. 36 mm. Unter der weiteren Annahme von ca. 90 sekundären Windungen wurde dann der Ringquerschnitt mit $\backsim$ 13,5 cm^2 berechnet und der Ring behufs Erzielung einer möglichst kubischen Form mit einem äusseren Durchmesser von $\backsim$ 76 mm und einer Höhe von $\backsim$ 70 mm ausgeführt.

Es konnte selbstredend nur von einer beiläufigen Rechnung die Rede sein; denn, abgesehen von der unbekannten anfänglichen Suszeptibilität des zu untersuchenden Nickels, war auch der Widerstand des sekundären Stromkreises bei den Vorversuchen mit Eisen und den späteren Untersuchungen des Nickels infolge verschiedener Anzahl und verschiedener Drahtstärke der Sekundärwindungen nicht der gleiche. Immerhin ergab die durch diese Rechnung gefundene Dimensionierung und Bewicklung des Nickelringes für die späteren Hauptversuche den gewollten Genauigkeitsgrad der Galvanometerausschläge. Auch bot die Grösse des Ofens für das Konstanthalten der Temperatur keine Schwierigkeiten.

3. *Ringbewicklung.*

Aus ca. 2 mm starken Nickelblechen N von Kahlbaum wurden Scheiben von ca. 36 mm innerem und ca. 76 mm äusserem Durchmesser herausgedreht und 35 solcher Ringe durch Übereinanderlegen zu einem Ring von ca. 70 mm Höhe und ca. 14 cm^2 Querschnitt vereinigt (siehe Fig. 1). Die genaue Ausmessung der einzelnen Ringe ergab folgende Mittelwerte:

innerer Durchmesser: 36,26₅ mm; $r_1 = 18.13$ mm.
äusserer " : 76,19₈ " ; $r_2 = 38,09_9$ "
mittlere Dicke einer Scheibe: 2,05₆ " .

Die gesamte Querschnittsfläche q war somit 14,36₉ cm² und der nach Gleichung

$$r_m = \frac{r_2 - r_1}{\log n\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

(Seite 497) berechnete Radius

$$r_m = 26,89_1 \text{ mm.}$$ [1]

Die chemische Untersuchung, welche im chemischen Laboratorium der eidg. polyt. Schule ausgeführt wurde und für welche ich Herrn Professor Dr. F. Treadwell zu Dank verpflichtet bin, zeigte folgende Zusammensetzung des Nickelbleches:

Nickel:	98,08 %	
Kobalt:	1,31 "	ungefähr 2 % Verunreinigungen.
Eisen:	0,68 "	
unlösliche Rückstände:	0,11 "	

Schwierigkeiten bot die Bewicklung dieses Ringes mit einer primären und einer sekundären Lage von Windungen, welche Temperaturen bis zu ca. 400° C. aushalten sollten und doch gut isoliert sein mussten. Mit Asbest umwickelter Draht konnte nicht genommen werden, da Asbest in hohen Temperaturen für die notwendigen feinen Messungen zu wenig isolierend wirkt. Es kam daher blanker Kupferdraht I und II (Fig. 1) von 0,5 mm Durchmesser zur Anwendung, der zur Isolierung der einzelnen Windungen am inneren Umfange des Ringes durch Glasröhrchen K_1 von der Länge gleich der Ringhöhe gezogen wurde.

Falls eines der Röhrchen brechen sollte, befand sich noch sicherheitshalber zwischen dem Nickel und den Glasröhrchen eine isolierende Schichte Glimmer[2]. Glimmerscheiben[2] trennten auch die radial verlaufenden Drahtpartien vom Nickel, während am äusseren Umfang ein über die Nickelringe gezogener Glaszylinder Z_1 zur Isolation diente. Da die Drähte hier ziemlich weit von einander entfernt lagen, so war es nicht notwendig, sie durch Röhrchen zu führen.

---

[1] Der mittlere Radius betrug $\frac{r_2 + r_1}{2} = 28,115$ mm und war somit gegenüber r_m um 4,55 % zu gross. Daraus ist zu ersehen, dass es bei breiten Ringen nicht zulässig ist, die mittlere Feldstärke H_m nach dem mittleren Radius zu berechnen.

[2] Der Deutlichkeit halber in der Figur nicht eingezeichnet.

Auf die primäre Lage von 57 Windungen folgten nun zur Isolation von der sekundären Bewicklung innen und aussen je ein Glaszylinder Z_2 und Z_3 und oben und unten Glimmerscheiben [1]).

Der sekundäre Draht lief am inneren Umfange gleichfalls durch Glasröhrchen K_2 und K_3. Es befanden sich hier zwei Lagen zu 45 und zu 46 Windungen, also zusammen für den Induktionskreis 91 Windungen. Die radial verlaufenden Drahtpartien der ersten Lage waren von denen der zweiten Lage gleichfalls durch Glimmerscheiben [1]) getrennt, während am äussern Umfange zwischen je zwei Drähten der einen Lage ein Draht der andern, durch Glimmerstreifen [1]) von einander isoliert, lag.

Es sei schon hier erwähnt, dass sich das Kupfer, trotzdem nur Temperaturen bis zu 400° C. angewendet wurden, ziemlich stark oxydierte, so dass gegen Ende der Versuche eine der äussersten Windungen riss, welcher Schaden jedoch durch Überspringen dieser Windung und durch Verlöten der nebenan befindlichen ausgebessert wurde. Für den späteren Verlauf der Experimente kamen somit nur 90 sekundäre Windungen in Betracht.

Sämtliche Lagen Glasröhrchen wurden mit Kaolinpaste bestrichen, damit bei etwaigem Bruch eines der Glasröhrchen keine Glassplitter sich loslösen könnten, was ein Blosslegen der Drähte zur Folge gehabt hätte.

Der ganze, durch die Glaszylinder, die Drahtwicklungen und die erhärtete Kaolinpaste starr gewordene Körper ruhte, isoliert durch quergelegte Porzellanröhrchen F auf dem unteren Heizboden P_2 des Ofens. Um einen Kurzschluss zweier benachbarter Windungen durch Kupferoxydteilchen, losgelöst von den Wandungen des Ofens, zu verhindern, wurde der bewickelte Nickelring noch durch Glimmerplatten E vom Mantel und vom Deckel des Ofens getrennt.

4. *Elektrischer Ofen.*

Die guten Erfolge, die die Herren P. N. Beck [2]) und A. Dumas [3]) in ihren Arbeiten über spezifische Wärme mit einem elektrisch geheizten, zylindrischen Ofen erzielten, gaben den Anlass, einen solchen von bedeutend grösseren Dimensionen in ähnlicher Weise zu konstruieren.

Um einen Kupferzylinder C_1 von 2 mm Wandstärke und 96 mm innerem Durchmesser wurde auf eine Höhe von 135 mm ein durch

[1]) Der Deutlichkeit halber in der Figur nicht eingezeichnet.

[2]) P. N. Beck: Inaugural-Dissertation, Zürich 1908. — Weiss et Beck: Chal. spéc. et champ moléculaire. J. de phys. 1908, 4e sér., t. 3, p. 5.

[3]) A. Dumas: Thèse, Zurich 1909. — S. auch: Archives des Scs. Phys. et Nat. 1909, t. XXVII.

Asbest isolierter Nickeldraht H_1 von 1 mm Durchmesser bifilar gewickelt (siehe Fig. 1). Dieser Heizzylinder steht in einem zweiten C_2

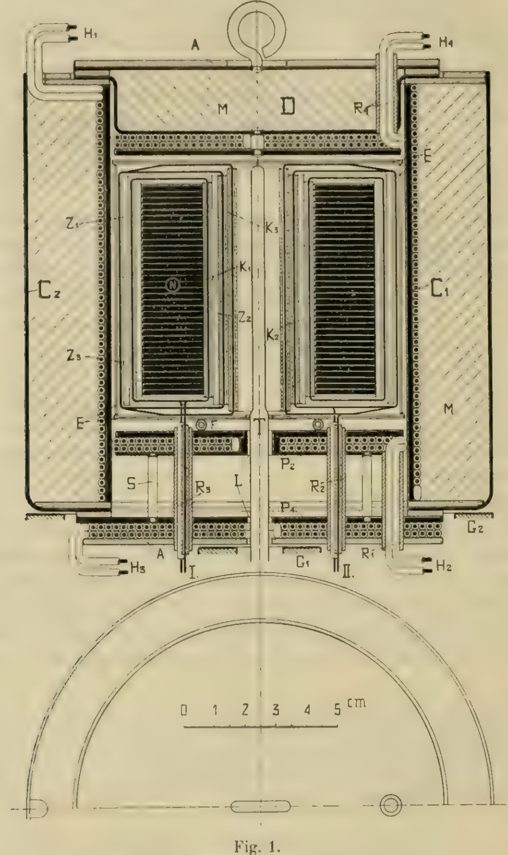


Fig. 1.

Elektrischer Ofen mit bewickeltem Nickelring.
(Vertikalschnitt und Draufsicht.)

von genügender Weite, um zwischen der Bewicklung und dem äusseren Zylinder einer ausreichenden Schichte Magnesia M zur Isolation gegen Wärmeverlust nach aussen Platz zu geben.

Das Ganze ruht auf einer Plattform P_1 und ist oben durch einen abhebbaren Deckel D geschlossen. Sowohl die Plattform als der Deckel ragen 20 mm in den zylindrischen Heizmantel, damit die Bewicklung desselben an beiden Enden Deckel und Plattform genügend übergreift, um im ganzen Raum des Ofens eine grösstmöglichste Konstanz der Temperatur zu erhalten.

Die in den Ofen eintretende, den Nickelring tragende Plattform P_2 hat doppelten Boden und nimmt zwischen den beiden Böden den bifilar und spiralförmig gewickelten, gleichfalls durch Asbest isolierten Nickeldraht H_2 auf, der durch eine Porzellanröhre R_1 nach aussen geleitet wird. Diese Plattform ist durch Stehbolzen S mit einer Grundplatte P_1 von grösserem Durchmesser fest verbunden, die auf einem ringförmigen Gestell G_1 ruht und am äusseren Umfange den Heizmantel trägt. Der Raum zwischen der Plattform und der Grundplatte ist mit Asbestschnüren ausgefüllt.

Ursprünglich ruhte der ganze Apparat mit der Grundplatte direkt auf dem Gestell. Da sich trotz Asbestisolierung eine starke Wärmeableitung in das Gestell bemerkbar machte (bei einer Temperatur von 444° C. im mittleren Teil des Ofens, betrug sie im untersten Teil nur 432° C.), wurde unter der Grundplatte ein zweiter Heizboden von bifilar und spiralförmig gewickeltem Nickeldraht H_3 angeordnet und gegen das Gestell durch Asbestplatten A isoliert.

Die zentrische Öffnung L in der Plattform dient zur Einführung des Platinwiderstands-Thermometers T in das Innere des Nickelringes. Durch die zwei durchgehenden Porzellanröhren R_2 und R_3 laufen die durch Glasröhrchen isolierten Zuleitungsdrähte der primären und sekundären Bewicklung I und II des Nickelringes.

Da der Mantel C_1 C_2 mit dem oberen Deckel D öfters abgehoben werden musste, so erwies sich eine zweite Unterstützung G_2 des abnehmbaren Teiles als sehr zweckmässig, um an dem festen Teil mit seiner schweren Belastung durch den Nickelring nicht zu rütteln.

Der in den Ofen eintretende Boden des Deckels D ist gleichfalls doppelwandig und mit bifilar und spiralförmig gewickeltem Nickeldraht H_4 versehen, der durch eine Porzellanröhre R_4 nach aussen geleitet wird. Das Innere des Deckels ist mit Magnesia M ausgefüllt; aufgelegte Asbestplatten A vermindern noch den Wärmeverlust durch Strahlung.

Sämtliche Nickeldrähte sind bifilar gewickelt, um keine magnetische Feldwirkung hervorzurufen. Sie sind hintereinander geschaltet und erwärmen sich durch den Joule'schen Effekt. Als Heizstrom diente Wechselstrom von 200 Volt Spannung. Das gute thermische Leitvermögen des Kupfers als Ofenmaterial bürgte für eine gleichmässige

Wärmeverteilung im Innern des Ofens, welche noch erhöht wurde, wenn sich der zu untersuchende Ring darin befand, der ja gleichfalls durch seine gute thermische Leitfähigkeit zum vollständigen Ausgleich der Temperatur beitrug.

Die Homogenität der Temperatur im Innern des Ofens wurde mittelst eines Thermoelementes von Le Chatelier[1]) geprüft, das aus zwei Drähten — der eine aus Platin und der andere aus einer Legierung von 90 % Platin und 10 % Rhodium — besteht, die an ihren, in den Ofen ragenden Enden verlötet sind. Die anderen freien Enden sind, um die erzeugte thermo-elektromotorische Kraft der Lötstelle zu messen, an die Klemmen eines Mikrovoltmeters von Siemens & Halske mit direkter Gradeinteilung angeschlossen. Die beiden Drähte wurden durch Glasröhrchen von einander isoliert, die, von einer Stativklammer gefasst, auf- und abgeschoben werden konnten, so dass die Lötstelle des Thermoelementes auf eine beliebige Höhe des Ofens einstellbar war. Durch Ein- und Ausschieben der Drähte aus den oberen, rechtwinklig umgebogenen, horizontalen Röhrchenenden, konnte die Lötstelle auch mehr oder weniger von der Achse des Ofens entfernt werden.

Die Temperaturmessungen, vorgenommen in verschiedenen Punkten in neun aufeinanderfolgenden, 1 cm von einander entfernten Ebenen ergab in den sieben mittleren Lagen eine vollständige Konstanz der Temperatur, in der obersten und der untersten Ebene sank die Temperatur bei ca. 400° C. um 1° C. Diese Differenz ist vollkommen zulässig, da sie bei tieferen Temperaturen ohnehin noch kleiner wird. In den einzelnen horizontalen Schnitten war die Temperatur vollkommen konstant.

Eine Aichung des Thermoelementes war nicht notwendig, da es sich nur um relative Temperaturunterschiede handelte.

5. *Temperaturmesseinrichtung.*

Bei den Versuchen wurde die Temperatur mittelst eines Platinwiderstandsthermometers T von W. C. Heraeus in Hanau gemessen, das, wie schon angedeutet, durch die zentrische Öffnung L im unteren Heizboden in das Innere des Ofens eingeführt wurde.

Das Widerstandsthermometer besteht in seinen hauptsächlichsten Teilen aus einer über eine Quarzglasröhre von 2 mm Durchmesser gewickelten Spirale aus chemisch-reinem, dünnen Platindraht, die sich über eine Länge von 55 mm erstreckt. Das Ganze ist in eine Quarzglasröhre von 4 mm Durchmesser eingeschlossen, die unten auf 6 mm erweitert ist, um den beiden ca. ½ mm starken Zuleitungsdrähten

[1]) Le Chatelier et Boudouard: Mesure des températures élevées, 1900.

aus Silber, durch Röhrchen aus Quarzglas von einander isoliert, Platz zu geben.

Zur Aichung des Instrumentes wurde der Widerstand der Platinspirale bei drei verschiedenen Temperaturen mit einem Präzisions-Widerstandskasten von Carpentier, nach dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke konstruiert, gemessen, welcher erlaubt den Widerstand auf ein Tausendstel Ohm abzulesen. Bei Anwendung eines empfindlichen Galvanometers von Deprez-d'Arsonval kann noch durch Interpolation 0,0001 Ω bestimmt werden. Diese Genauigkeit ist mehr als genügend.

Es wurde darauf gesehen, dass das Thermometer nur so weit in die Substanz, deren Schmelz- beziehungsweise Verdampfungs-Temperatur aufgenommen werden sollte, eintauchte, als es in den Ofen ragt, um den Einfluss der Zuleitungsdrähte zu beseitigen, die durch Asbestscheiben gegen Wärmeausstrahlung sowohl der Aichungssubstanz, als auch des Versuchsofens geschützt wurden. Von einer Korrektur am Widerstande dieser Zuleitungsdrähte für die kleinen Temperaturschwankungen von kaum 2° im Versuchsraume konnte abgesehen werden.

Bei der Untersuchung des Schmelzpunktes von Blei wurde das Thermometer zum Schutz vor Zerspringen beim Erstarren des Metalles in eine Hartglasröhre gestellt. Um sicher zu sein, dass das Thermometer die Temperatur des geschmolzenen Bleies annimmt, wurde die Hartglasröhre mit Quecksilber gefüllt. Zur Kontrolle wurde die Temperatur noch mit einem Quecksilberthermometer mit Stickstoffüllung unter Druck, geaicht von der physikalischen Reichsanstalt, gemessen.

Für die folgenden Temperaturen wurde gefunden:

Schmelz- bezw. Siedepunkt von		Widerstand
schmelzendem Eis . .	0° C	$w_0 = 24{,}913\ \Omega$
Wasserdampf	98° C	$w_t = 34{,}366\ \Omega$
Blei	327° C	$w_t = 55{,}184\ \Omega$

und darauf die Koeffizienten a und b der Gleichung

$$w_t = w_0\,(1 + a\,t - b\,t^2)$$

berechnet, worin w_0 der Widerstand bei 0° bedeutet. Es ergab sich

$$a = 0{,}003938$$

$$b = 0{,}000000681$$

Aus w_0, den beiden Koeffizienten a und b und dem jeweilen gefundenen Wert w_t des Thermometer-Widerstandes lässt sich die

Temperatur berechnen, die, in Funktion des Widerstandes w_t aufgetragen, die Aichungskurve des Thermometers gibt.

Ein Messdraht aus Konstantan, ein Widerstandskasten von Hartmann und Braun, ein Galvanometer und ein Akkumulator dienten, mit dem Platinwiderstands-Thermometer zu einer Wheatstone'schen Brücke vereinigt, zur Bestimmung des Widerstandes w_t der Platinspirale und damit der Temperatur im Ofen.

Auf der Messbrücke von 1 m Länge ist ein Schleifkontakt verschiebbar, der, mit dem Nullpunktgalvanometer verbunden, bei Nullage desselben den Messdraht in zwei Teile teilt, die im gleichen Verhältnis stehen, wie der als Vergleichswiderstand dienende, genau geaichte Widerstandskasten und der Widerstand des Platin-Thermometers.

Zur Aichung des Messdrahtes wurden zwei mit den Klemmen eines Galvanometers verbundene, auf dem Messdraht verschiebbare Schneiden in konstantem Abstand von 5 cm benützt. Wird durch den Messdraht ein konstant gehaltener Strom geschickt, so zeigt das Galvanometer einen, der Potentialdifferenz der beiden Schneiden entsprechenden Ausschlag an, der bei vollständiger Homogenität des Drahtes für jede Stellung der Schneiden konstant ist. Der Draht wurde nun in eine Anzahl gleicher Teile, gleich der Entfernung der beiden Schneiden, geteilt und die der Potentialdifferenz dieser Teilstücke proportionalen Ausschläge gemessen. Durch Division der Summe der Ausschläge bis zum n^{ten} Teilstück durch das Mittel aus der Summe sämtlicher Ausschläge wurde der korrigierte Wert der Messdrahtlänge bis zum n^{ten} Teilstück und daraus die jeweilige Korrektur gefunden.

Da die Zuleitungsdrähte vom Widerstandsthermometer bis zur Messbrücke einige Meter Länge hatten, so wurde deren vorher gemessener Widerstand berücksichtigt und jeweilen in Abzug gebracht.

6. *Elektro-magnetische Messeinrichtung.*

Primärer Stromkreis. Die primäre Bewicklung des Nickelringes wurde mit Strom aus zwei Akkumulatoren gespeist, welcher die nötigen Regulierwiderstände und einen Kommutator passierte. Seine Messung erfolgte mit einem Milliampèremeter von Siemens und Halske, das vorher genau geaicht wurde.

Zur Aichung dienten ein Normalwiderstand der physikalischen Reichsanstalt und ein Kompensationsapparat der „Land und Seekabelgesellschaft Nippes-Köln". Letzterer beruht auf dem Prinzip der Kompensationsmethode von Poggendorff und erlaubt durch Vergleich mit einer bekannten elektromotorischen Kraft und unter Zuhilfenahme

eines Galvanometers von Deprez-d'Arsonval Potentialdifferenzen in einfachster Weise zu messen.

Der Widerstand wurde nun mit dem zu aichenden Ampèremeter in den gleichen Stromkreis geschaltet, und die Potentialdifferenz an den Enden des Widerstandes mit dem Kompensationsapparat gemessen, dessen Skala Ablesungen von einem Tausendstel gestattet.

Im primären Stromkreis war noch eine Einrichtung angeordnet, um den Nickelring mit langsam abnehmendem Wechselstrom vollkommen entmagnetisieren zu können.

Sekundärer Stromkreis. Im sekundären Stromkreis des Nickelringes befanden sich ein Galvanometer von Deprez-d'Arsonval und eine Dämpfungsspule[1]), welche sich vorteilhaft erwies, da das Galvanometer an sich nicht gedämpft war. Dieses hatte ein sehr kleines Interferricum und eine leichte, mit genügend grosser Anzahl Windungen versehene Spule ohne Dämpfungsrahmen. Aufhängedraht und Feder von $0{,}17 \times 0{,}008$ mm^2 Querschnitt waren aus Phosphorbronze und hatten je den gleichen Widerstand von $9{,}5^{\Omega}$ wie die Spule. Die Skala zur Beobachtung der Ausschläge befand sich vier Meter vom Galvanometerspiegel entfernt, wodurch die Genauigkeit der Ablesung noch vergrössert wurde.

Das Galvanometer zeigte, wie weiter unten angeführt wird, so gute Resultate, dass von einer Korrektur k für die Proportionalität der Ausschläge in der Gleichung

$$d = \delta - k\delta^3$$

abgesehen werden konnte. In obiger Gleichung ist δ der beobachtete und d der korrigierte Ausschlag; das Glied mit δ^2 entfällt, wenn die Nullage so eingestellt wird, dass die Ausschläge symmetrisch ausfallen.

Die Aichung des Galvanometers wurde mit einem Solenoid vollzogen, durch das ein konstant gehaltener Strom geschickt wurde, der beim Kommutieren in einer über das Solenoid zentrisch geschobenen Spule einen Induktionsstrom erregte, der in dem mit der Spule verbundenen Galvanometer einen Ausschlag hervorrief. Bei vollkommener Proportionalität müssen die Ausschläge beim Kommutieren des primären Stromes doppelt so gross sein, als allein beim Öffnen oder Schliessen, da die Elektrizitätsmenge, die im ersten Fall die Galvanometerspule durcheilt, doppelt so gross ist, als im zweiten. Die Stromrichtung wurde sowohl im Solenoid, als auch in der sekundären Spule umgekehrt, um etwaige Fehlereinflüsse zu eliminieren, was jeweilen vier Bestimmungen erforderte.

[1]) Rowland: Phil. Mag. 1873. Vol. XLVI, p. 147. — Ewing: loc. cit. Ch. III. p. 63.

Aus den durch Kommutieren und durch Schliessen oder Öffnen des primären Stromkreises gefundenen zwei Gleichungen liess sich nun der Koeffizient k berechnen. Er war so klein, dass der Unterschied der beobachteten Ausschläge δ und der berechneten d innerhalb der Ablesungsfehlergrenzen lag, also, wie schon angedeutet, nicht in Betracht kam.

Zur Bestimmung der Galvanometerkonstanten C in Gleichung (2) (Abschnitt 1) wurde das gleiche, vorerwähnte Solenoid mit dem gleichen Ring sekundärer Windungen benützt.

Unter Berücksichtigung des Einflusses der Solenoidenden entsteht im Innern des Solenoides eine magnetisierende Kraft

$$H_0 = \left[4\pi - 2\pi\left(\frac{d}{L}\right)^2\right] n i,$$

wenn durch die Windungen ein Strom von i absoluten Einheiten geschickt wird. In der Gleichung bedeuten d und L Durchmesser und Länge des Solenoides und n die Anzahl der Windungen pro Centimeter Solenoidlänge. Ist d' der Durchmesser der sekundären Spule von N' Windungen und q der Querschnitt des Solenoides, so ist die für die sekundäre Spule in Betracht kommende Gesamtzahl der Kraftlinien:

$$F = 4\pi i n q N' \left[1 - \frac{d'^2}{2L^2}\right].$$ [1]

Beim Kommutieren des primären Stromes ändert sich der magnetische Kraftfluss um $2F$, welche Änderung nach gleichem Zu-

[1] Da der Durchmesser d' der über das Solenoid zentrisch geschobenen sekundären Spule grösser ist, als derjenige d des Solenoides, so entsteht infolge der Differenz dieser beiden Durchmesser eine ausserhalb des Solenoidquerschnittes q liegende Ringfläche, in welcher die magnetisierende Kraft in entgegengesetzter Richtung wie diejenige H_0 im Innern des Solenoides wirkt und daher von dieser in Abrechnung zu bringen ist.

Zur Berechnung dieses abzuziehenden Feldes kann die Feldwirkung des Solenoides nach aussen zu mit derjenigen eines Stabmagneten verglichen werden, dessen Magnetisierungsintensität $J = n i$ ist und dessen Pole im Mittelpunkt der beiden Solenoidendflächen $q = \frac{\pi d^2}{4}$ sind. Die freien magnetischen Massen dieser Endflächen, deren Feldwirkung nach aussen zu allein in Betracht kommt, können zur Vereinfachung der Rechnung durch je eine in den Polen sich befindliche magnetische Masse mit gleicher Feldwirkung, wie die der Gesamtheit der magnetischen Massen $J \cdot q$ ersetzt werden.

Wenn die zentrisch über das Solenoid geschobene Spule symmetrisch zu den beiden Solenoidendflächen liegt, so üben die beiden Pole auf einen ausserhalb des Solenoides liegenden Punkt der sekundären Spule ein Feld aus von der Grösse

$$\Delta H = 2\frac{i q n}{R^2}\cos\sigma.$$

R ist der Abstand eines Poles von einem Punkt der Spulenmittelebene in der Entfernung y von der Solenoidachse

$$R = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + y^2}.$$

sammenhang, wie in Abschnitt (1) erwähnt, dem Galvanometerausschlag α proportional ist:

$$2F = C w \alpha .$$

Aus dieser Gleichung und Gleichung (2) kann nun die Induktion B bestimmt werden; die Galvanometerkonstante C und der Widerstand w des sekundären Stromkreises werden dabei eliminiert.

$$B = \frac{F}{q N_2 \alpha} \cdot x \tag{5}$$

Die im Abschnitt 3 erwähnte Oxydation des Kupferdrahtes und die dadurch bedingte Widerstandsänderung des sekundären Stromkreises wurde durch jeweilige Aichung der Galvanometer-Ausschläge vor und nach jedem Versuch eliminiert.

7. *Empfindlichkeit und Genauigkeitsgrad.*

Temperaturmessung. Die Empfindlichkeit des Nullpunktgalvanometers war so gross, dass am Messdraht 0,1 mm genau eingestellt werden konnten, was einer Genauigkeit von 0,2° entspricht. Dieser Genauigkeitsgrad war mehr als ausreichend, da infolge Anwendung von Wechselstrom zum Heizen Temperaturschwankungen von $^1/_2$° nicht vermieden werden konnten.

Elektro-magnetische Messungen. Bei Benützung von Stromstärken, die eine genaue Nadeleinstellung auf einen Teilstrich des

---

In Anbetracht der geringen Spulenbreite im Verhältnis zur Solenoidlänge ist es zulässig, alle Windungen in der Spulenmittelebene anzunehmen.

Der Cosinus des Winkels dieser Verbindungsgeraden R mit der Solenoidachse ist

$$\cos \sigma = \frac{L}{2} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + y^2}} .$$

Um die Anzahl der Kraftlinien durch die ausserhalb des Solenoidquerschnittes liegende Ringfläche der sekundären Spule für eine Windung zu erhalten, muss der Ausdruck für $\varDelta H$ über diese Ringfläche integriert werden.

$$F_{1a} = i q n L \int\limits_{\frac{d}{2}}^{\frac{d'}{2}} \frac{2 \pi y \, d y}{\left[\left(\frac{L}{2}\right)^2 + y^2\right]^{3/2}}$$

$$= 2 \pi i q n L \left(\frac{d'^2}{L^3} - \frac{d^2}{L^3}\right) .$$

Die durch die Ringfläche parallel zur Solenoidachse gehenden Kraftlinien für N' Windung der sekundären Spule sind somit

$$F_a = 2 \pi i q n \left(\frac{d'^2}{L^2} - \frac{d^2}{L^2}\right) N' .$$

Diese müssen nun von den durch die Solenoidfläche gehenden Kraftlinien

$$F_s = 4 \pi \left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{d}{L}\right)^2\right] n i q N'$$

subtrahiert werden, um F zu erhalten.

Ampèremeters im primären Stromkreise gestatten, beträgt der Fehler in den gemessenen Feldstärken H nur 1 bis 2 ‰.

Werden bei der Ablesung der Galvanometerausschläge Fehler von 0.1 mm zugelassen, so sind die Werte der Induktion B im Mittel auf 5 ‰ genau. Die gleiche Genauigkeit wird auch bei den Suszeptibilitätswerten k erzielt. Da die Galvanometerausschläge mit wachsender Temperatur zunehmen, so wächst damit auch der Genauigkeitsgrad.

8. Allgemeine Disposition.

Die Skala zur Ablesung der Galvanometerausschläge war, wie schon angedeutet, ca. 4 m vom Spiegel des Galvanometers entfernt.

Auf einem Tisch befanden sich die Dämpfungsspule für das Galvanometer, die Messbrücke und eine zweite Skala für das Nullpunktgalvanometer der Temperaturmesseinrichtung; ferner die Wippe zum Kommutieren des primären Stromkreises, die Ampèremeter und Regulierwiderstände des Heizstromes und des primären Stromkreises.

Der Ofen mit dem Nickelring war auf einem Nebentisch aufgestellt.

Es war somit möglich von einem Platze aus den Verlauf der Experimente zu überwachen und die einzelnen Messinstrumente zu beobachten und abzulesen.

II. Versuchsdurchführung.

Zur Ermittelung der anfänglichen Suszeptibilität für verschiedene Temperaturen waren folgende Operationen notwendig:

Nach dem Erwärmen des Nickelringes auf eine bestimmte konstant gehaltene Temperatur wurde

auf der Messbrücke die Temperatur des Nickelringes ermittelt,

am Milliampèremeter die Stromstärke i des primären Stromes und

am Galvanometer des sekundären Stromkreises die Ausschläge x beobachtet.

Dann wurden berechnet:

Die mittlere Feldstärke H_m aus i nach

$$H_m = \frac{2 N_1}{r_2 - r_1} \cdot i \operatorname{logn}\left(\frac{r_2}{r_1}\right). \tag{1}$$

Die durch H_m hervorgerufene Induktion B aus x nach

$$B = \frac{F}{q N_2 \cdot \alpha} \cdot x. \tag{5}$$

Die Magnetisierungs-Intensität I aus B und H_m nach

$$I = \frac{B - H_m}{4\pi}. \tag{3}$$

Die Suszeptibilität k aus I und H_m nach

$$k = \frac{I}{H_m}. \qquad (4)$$

Schliesslich wurde die anfängliche Suszeptibilität a graphisch auf folgende Weise gefunden. Die berechneten Suszeptibilitätswerte k wurden in Funktion der Feldstärke H_m aufgetragen und die gefundenen Punkte zu einer Kurve vereinigt. Der durch Extrapolation[1]) gefundene Schnitt dieser Kurve mit der Achse $H_m = 0$ gibt die anfängliche Suszeptibilität für das Feld $H = 0$.

9. *Unregelmässigkeiten zu Beginn der Versuche.*

Die ersten Untersuchungen bei gewöhnlicher (Umgebungs-) Temperatur ergaben für die nach $H = 0$ extrapolierte Suszeptibilitätskurve in Funktion des Feldes H eine anfängliche Suszeptibilität von $k = 2{,}50$ absoluten Einheiten, welcher Wert jedoch nach einmaligem Erhitzen auf ca. 350° C. und wieder Erkaltenlassen auf die Umgebungstemperatur auf 3,30 stieg. Bei nochmaligem Erhitzen auf die gleiche Temperatur von 350° C. und Abkühlenlassen erreichte er für die gewöhnliche Temperatur schon eine Höhe von 3,40 C. G. S.

Auch stiegen die Suszeptibilitätswerte für die verschiedenen Temperaturen. So wurde beispielsweise die Suszeptibilitätskurve für 320° C ermittelt, nachdem der Nickelring ca. 6 Stunden lang dieser Temperatur ausgesetzt war. Abgekühlt auf die Umgebungstemperatur und wieder auf 320° C. gebracht, zeigte er höhere Suszeptibilitätswerte.

Ähnliche Unregelmässigkeiten scheinen sich bei allen ferromagnetischen Substanzen zu zeigen[2]).

Es ist möglich, dass die anfängliche Suszeptibilität für gewöhnliche Temperatur vor dem Abdrehen der Ringe, bei welchem das Nickel erwärmt wurde, noch kleiner war.

Um zu erfahren, ob sich das Nickel durch oftmaliges Erhitzen und Erkaltenlassen schliesslich einem stationären Zustand nähere, wurde der Nickelring zehnmal auf 400° C. erhitzt und bis auf 200° C. abgekühlt, und die Temperatur bei 400° und bei 200° jeweilen sechs bis zwölf Stunden konstant gehalten.

Die anfängliche Suszeptibilität bei gewöhnlicher Temperatur stieg, je öfters erhitzt wurde, immer weniger und näherte sich schliesslich einem konstanten Betrage, der sich im Verlauf der Experimente nicht mehr änderte.

[1]) Lord Rayleigh: Phil. Mag. 1887, March., p. 225—245. — C. Baur: Inaugural-Dissertation, Zürich 1879. — C. Baur: Wied. Ann. XI. 1880, S. 245.

[2]) Wiedemann: Galvanismus II, § 522. — Perrier: Les variations thermiques de l'Hyst. tourn. et de l'Hyst. altern. Thèse, Zurich 1909, p. 40. — S. auch: Archives des Scs. Phys. et Nat. 1909, t. XXVII.

Dieser stationäre Zustand des Nickels wurde während der systematischen Untersuchungen von Zeit zu Zeit durch Aufnahme der Suszeptibilitätswerte bei gewöhnlicher Temperatur überprüft.

10. Umkehrbarkeit der Suszeptibilität.

Nachdem der Zustand des Nickels durch das oftmalige Erhitzen stationär geworden war, wurde die Suszeptibilität reversibel, d. h. die Suszeptibilitätskurve für eine bestimmte Temperatur blieb die gleiche, ob diese Temperatur durch Erwärmen oder durch Abkühlen erhalten worden war. Die Kurve der anfänglichen Suszeptibilität in Funktion der Temperatur ist somit eindeutig definiert. Um sich dieser Tatsache zu vergewissern, wurde die Bestimmung der anfänglichen Suszeptibilität des öftern zweimal vorgenommen; einmal für die bestimmte Temperatur, erhalten durch Abkühlen, das andere Mal bei gleicher Temperatur, erhalten durch Erhitzen. Die einzelnen Punkte einer Suszeptibilitätskurve in Funktion der Feldstärke H wurden stets für wachsende und abnehmende Felder aufgenommen, um auch die Umkehrbarkeit der Suszeptibilität bei konstanter Temperatur zu zeigen.

11. Eigentliche Versuchsdurchführung.

Der Nickelring wurde erhitzt und auf eine bestimmte Temperatur gebracht und diese mittelst des Nullpunktgalvanometers der Temperaturmesseinrichtung konstant gehalten. Die Dauer der nötigen Erhitzung, um im Ring in allen seinen Teilen eine gleichförmige Temperatur zu erzielen, variierte zwischen 2 und 3 Stunden.

Bei den Untersuchungen war es unbedingt notwendig, dass der Nickelring und der Ofen die gleiche, einheitliche und stationäre Temperatur hatten; denn nur dadurch war es möglich, dass die einzelnen beobachteten Werte von einander nicht um grössere Beträge abwichen, als solche, die noch innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Apparate fallen.

Temperaturschwankungen von $^1/_2{}^\circ - 1^\circ$ konnten noch als zulässig angenommen werden (s. Abschnitt 7).

Eine Erwärmung des Nickelringes durch den primären Strom kam nicht in Betracht, da zur Erzeugung der Feldstärken nur Stromstärken bis zu 0,012 Ampère angewendet wurden.

In den höheren Temperaturen von ca. 340° aufwärts, bei welchen die anfänglichen Suszeptibilitäten sehr rasch mit der Temperatur anwachsen, wurden die einzelnen Werte einer Suszeptibilitätskurve mehrmals aufgenommen, da kleine Temperaturschwankungen in dieser Region grosse Änderungen der Suszeptibilitätswerte zur Folge haben.

Nachdem bei einer bestimmten Temperatur der stationäre Zustand eingetreten war, wurden die Seite 510 erwähnten Operationen ausgeführt. Vor dem Beobachten der Galvanometer-Ausschläge wurde der primäre Strom mehrmals kommutiert, um sicher zu sein, dass das Nickel die der Feldstärke H entsprechende Induktion B angenommen hatte.

Im Ganzen wurden Versuche mit elf verschiedenen Stromstärken i von 0,00102 bis 0,01193 Ampère und bei 21 verschiedenen Temperaturen von 18,5° bis 358° C. vorgenommen.

Bei 359° C. und darüber zeigte das Galvanometer nur Ausschläge bis ca. 2 mm, die verschwindend klein waren gegenüber den bei niedrigeren Temperaturen beobachteten.

Diese minimalen Ausschläge entsprechen einerseits der sehr kleinen Magnetisierungs-Intensität des nunmehr in den paramagnetischen Zustand übergegangenen Nickelringes (s. Seite 524), anderseits auch der Induktion des von den primären Windungen eingeschlossenen Ringraumes.

12. Tabellen.

Die durch die Experimente gefundenen Resultate sind in nachfolgenden Tabellen zusammengestellt und in Fig. 2—4 bildlich dargestellt.

i Amp.	H C.G.S.	$t = 18{,}5^\circ$ C.				$t = 26^\circ$ C.			
		x mm	B C.G.S.	I C.G.S.	k C.G.S.	x mm	B C.G.S.	I C.G.S.	k C.G.S.
0,00201	0,00853$_6$	13,27	0,4036	0,03143	3,68$_2$	13,35	0,4140	0,03226	3,77$_9$
0,00300	0,01274	19,78	0,6015	0,04685	3,67$_7$	19,88	0,6167	0,04806	3,77$_2$
0,00399$_9$	0,01695	26,32	0,8002	0,06239	3,68$_3$	26,52	0,8224	0,06409	3,78$_1$
0,00499	0,02115	32,84	0,9988	0,07779	3,67$_8$	33,04	1,024$_7$	0,07986	3,77$_5$
0,00598	0,02535	39,46	1,200	0,09347	3,68$_7$	39,71	1,231$_4$	0,09597	3,78$_5$
0,00697	0,02956	45,98	1,398$_3$	0,1089$_2$	3,68$_4$	46,23	1,433$_8$	0,1117$_4$	3,78$_0$
0,00796$_8$	0,03377	52,57	1,598$_7$	0,1245$_3$	3,68$_7$	58,86	1,639$_3$	0,1277$_6$	3,78$_3$
0,00995	0,04218	65,67	1,997	0,1555$_5$	3,68$_7$	66,05	2,048$_3$	0,1596$_4$	3,78$_4$
0,01193	0,05059	78,74	2,394	0,1864$_8$	3,68$_6$	79,28	2,458$_5$	0,1916$_1$	3,78$_7$

i	H	$t = 47^\circ$				$t = 65^\circ$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00102	0,00432$_4$	7,12	0,2165	0,01688	3,90$_3$	—	—	—	—
0,00201	0,00853$_6$	14,06	0,4276	0,03334	3,90$_5$	14,51	0,4402	0,03435	4,02$_4$
0,00300	0,01274	20.94	0,6369	0,04966	3,89$_7$	21,65	0,6571	0,05127	4,02$_4$
0,00399$_9$	0,01695	27,94	0,8497	0,06626	3,90$_9$	28,81	0,8739	0,06819	4.02$_3$
0,00499	0,02115	34,79	1,058$_0$	0,08250	3,90$_0$	—	—	—	—
0,00598	0,02535	41,88	1,273$_8$	0,09934	3.91$_8$	43,14	1,308$_8$	0,1021$_3$	4,02$_8$
0,00697	0,02956	48,66	1,480$_0$	0,1154$_2$	3,90$_4$	50,30	1,526$_9$	0,1190$_9$	4,02$_8$
0,00796$_8$	0,03377	55,73	1,694$_9$	0,1321$_8$	3,91$_4$		—	—	—
0,00995	0,04218	69,60	2,116$_8$	0,1650$_9$	3,91$_3$	—	—	—	—
0,01193	0,05059	83,38	2,535$_6$	0,1977$_5$	3,90$_8$	86,14	2,613$_5$	0,2039$_5$	4.03$_1$

i	H	$t = 80°$				$t = 100°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00201	$0,00853_6$	14,48	0,4504	0,03516	$4,11_9$	15,33	0,4651	0,03633	$4,25_6$
0,00300	0,01274	21,63	0,6727	0,05251	$4,12_1$	—	—	—	—
$0,00399_9$	0,01695	28,70	0,8923	0,06965	$4,10_9$	30,43	0,9233	0,07212	$4,25_4$
0,00499	0,02115	35,93	$1,117_3$	0,08722	$4,12_3$	—	—		—
0,00598	0,02535	43,02	$1,337_5$	$0,1044_1$	$4,11_8$	45,59	$1,383_2$	$0,1080_5$	$4,26_2$
0,00697	0,02956	50,24	$1,562_1$	$0,1219_5$	$4,12_5$	53,13	$1,612_9$	$0,1259_4$	$4,26_0$
$0,00796_8$	0,03377	57,37	$1,783_8$	$0,1392_6$	$4,12_3$	—	—	—	—
0,00995	0,04218	71,69	$2,228_8$	$0,1740_0$	$4,12_5$	—	—		—
0,01193	0,05059	86,13	$2,678_0$	$0,2090_8$	$4,13_2$	91,09	$2,763_8$	$0,2159_1$	$4,26_7$

i	H	$t = 124,5°$				$t = 150°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00201	$0,00853_6$	15,62	0,4857	0,03797	$4,44_6$	16,69	0,5076	0,03971	$4,65_2$
0,00300	0,01274	23,28	0,7239	0,05659	$4,44_1$	24,91	0,7576	$0,0592_7$	$4,65_2$
$0,00399_9$	0,01695	31,00	$0,9637_9$	0,07534	$4,44_4$	33,08	$1,006_0$	0,07870	$4,64_3$
0,00499	0,02115	38,64	$1,201_4$	0,09392	$4,44_0$	41,34	$1,257_4$	0,09837	$4,65_1$
0,00598	0,02535	46,49	$1,445_3$	$0,1129_9$	$4,45_7$	49,66	$1,510_3$	$0,1181_6$	$4,66_1$
0,00697	0,02956	54,13	$1,682_9$	$0,1315_6$	$4,45_0$	57,80	$1,757_6$	$0,1375_1$	$4,65_3$
$0,00796_8$	0,03377	61,79	$1,921_1$	$0,1501_8$	$4,44_7$	66,21	$2,013_6$	$0,1575_4$	$4,66_5$
0,00995	0,04218	77,28	$2,402_8$	$0,1878_5$	$4,45_3$	82,59	$2,511_7$	$0,1965_1$	$4,65_8$
0,01193	0,05059	92,76	$2,884_0$	$0,2254_7$	$4,45_8$	99,35	$3,021_2$	$0,2363_9$	$4,67_2$

i	H	$t = 179°$				$t = 204°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00102	$0,00432_4$	—	—	—	—	9,38	0,2846	0,02230	$5,15_7$
0,00201	$0,00853_6$	17,19	0,5346	0,04186	$4,90_4$	18,50	0,5613	0,04398	$5,15_2$
0,00300	0,01274	25,61	0,7963	0,06235	$4,89_4$	27,65	0,8389	0,06574	$5,16_0$
$0,00399_9$	0,01695	34,17	$1,062_4$	0,08319	$4,90_7$	36,68	$1,113_0$	0,08722	$5,14_5$
0,00499	0,02115	42,62	$1,325_3$	$0,1037_8$	$4,90_6$	45,92	$1,393_4$	$0,1092_0$	$5,16_3$
0,00598	0,02535	51,19	$1,591_7$	$0,1246_4$	$4,91_6$	55,00	$1,668_7$	$0,1307_7$	$5,15_8$
0,00697	0,02956	59,71	$1,856_3$	$0,1453_6$	$4,91_7$	64,22	$1,948_4$	$0,1526_9$	$5,16_5$
$0,00796_8$	0,03377	68,16	$2,119_2$	$0,1659_5$	$4,91_4$	73,35	$2,225_6$	$0,1744_2$	$5,16_5$
0,00995	0,04218	85,21	$2,649_2$	$0,2074_6$	$4,91_8$	—	—	—	—
0,01193	0,05059	102,19	$3,177_3$	$0,2488_1$	$4,91_8$	—	—	—	—

i	H	$t = 220°$				$t = 244°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00201	$0,00853_6$	18,80	0,5846	0,04584	$5,37_0$	20,29	0,6191	0,04858	$5,69_1$
0,00300	0,01274	28,15	0,8752	0,06863	$5,38_6$	30,27	0,9236	0,07248	$5,68_9$
$0,00399_9$	0,01695	37,38	$1,162_3$	0,09114	$5,37_6$	40,31	$1,229_1$	0,09645	$5,69_0$
0,00499	0,02115	46,77	$1,454_2$	$0,1140_3$	$5,39_1$	50,24	$1,536_1$	$0,1205_5$	$5,69_9$
0,00598	0,02535	56,00	$1,741_1$	$0,1365_3$	5,385	60,44	$1,844_1$	$0,1447_3$	$5,70_9$
0,00697	0,02956	65,49	$2,036_2$	$0,1596_8$	$5,40_1$	70,51	$2,151_3$	$0,1688_4$	$5,71_1$
$0,00796_8$	0,03377	74,83	$2,326_6$	$0,1824_5$	$5,40_2$	80,54	$2,457_4$	$0,1928_6$	$5,71_0$
0,00995	0,04218	93,46	$2,905_8$	$0,2278_7$	$5,40_2$	100,84	$3,076_7$	$0,2414_7$	$5,72_4$
0,01193	0,05059	112,25	$3,489_9$	$0,2736_9$	$5,40_9$	120,98	$3,691_2$	$0,2897_1$	$5,72_6$

i	H	$t = 275°$				$t = 293°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00201	0,00853$_6$	22,09	0,6741	0,05296	6,20$_4$	23,10	0,7184	0,05648	6,61$_6$
0,00300	0,01274	32,97	1,006$_2$	0,07905	6,20$_4$	34,45	1,071$_4$	0,08424	6,61$_2$
0,00399$_9$	0,01695	43,90	1,339$_5$	0,1052$_4$	6,20$_8$	45,88	1,427$_1$	0,1122$_1$	6,62$_0$
0,00499	0,02115	54,91	1,675$_3$	0,1316$_3$	6,22$_3$	57,48	1,787$_6$	0,1405$_6$	6,64$_5$
0,00598	0,02535	65,90	2,010$_6$	0,1579$_8$	6,23$_1$	68,81	2,140$_1$	0,1682$_8$	6,63$_8$
0,00697	0,02956	76,89	2,346$_1$	0,1843$_4$	6,23$_6$	80,40	2,500$_4$	0,1966$_2$	6,65$_1$
0,00796$_8$	0,03377	87,89	2,681$_5$	0,2106$_9$	6,23$_8$	91,78	2,854$_3$	0,2244$_5$	6,64$_6$
0,00995	0,04218	109,92	3,353$_6$	0,2635$_1$	6,24$_7$	115,02	3,577$_2$	0,2813$_0$	6,66$_9$
0,01193	0,05059	132,00	4,027$_3$	0,3164$_5$	6,25$_5$	138,14	4,296$_4$	0,3378$_7$	6,67$_8$

i	H	$t = 309°$				$t = 322°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00102	0,00432$_4$	12,66	0,3841	0,03022	6,988	—	—	—	—
0,00201	0,00853$_6$	25,04	0,7598	0,0597$_8$	7,003	26,50	0,8085	0,06365	7,45$_6$
0,00300	0,01274	37,26	1,130$_4$	0,0889$_4$	6,98$_1$	39,67	1,210$_3$	0,09529	7,47$_9$
0,00399$_9$	0,01695	49,75	1,509$_7$	0,1187$_8$	7,00$_7$	52,73	1,608$_6$	0,1266$_7$	7,47$_3$
0,00499	0,02115	62,23	1,888$_1$	0,1485$_6$	7,02$_4$	66,03	2,014$_5$	0,1586$_2$	7,49$_9$
0,00598	0,02535	74,64	2,264$_8$	0,1782$_0$	7,02$_9$	79,17	2,415$_7$	0,1902$_1$	7,50$_3$
0,00697	0,02956	87,00	2,639$_6$	0,2077$_0$	7,02$_6$	92,50	2,822$_1$	0,2222$_2$	7,51$_7$
0,00796$_8$	0,03377	99,58	3,021$_4$	0,2377$_4$	7,03$_9$	105,78	3,227$_3$	0,2541$_8$	7,52$_5$
0,00995	0,04218	124,74	3,784$_6$	0,2978$_1$	7,06$_0$	132,41	4,040$_1$	0,3181$_4$	7,54$_2$
0,01193	0,05059	149,86	4,546$_9$	0,3578$_0$	7,07$_2$	159,15	4,855$_9$	0,3854$_6$	7,56$_2$

i	H	$t = 333°$				$t = 344°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00201	0,00853$_6$	27,59	0,8583	0,06762	7,92$_1$	31,08	0,9482	0,07477	8,75$_5$
0,00300	0,01274	41,31	1,284$_9$	0,1012$_3$	7,94$_5$	46,64	1,423$_0$	0,1122$_2$	8,80$_8$
0,00399$_9$	0,01695	55,10	1,713$_6$	0,1350$_1$	7,96$_5$	62,03	1,892$_7$	0,1492$_6$	8,80$_5$
0,00499	0,02115	68,78	2,139$_1$	0,1685$_4$	7,96$_8$	77,96	2,372$_5$	0,1871$_1$	8,84$_7$
0,00598	0,02535	82,70	2,571$_9$	0,2026$_4$	7,99$_3$	93,22	2,844$_4$	0,2243$_8$	8,84$_9$
0,00697	0,02956	96,51	3,001$_4$	0,2364$_9$	8,00$_0$	109,26	3,333$_5$	0,2629$_1$	8,89$_4$
0,00796$_8$	0,03377	110,47	3,435$_9$	0,2707$_3$	8,01$_6$	124,88	3,810$_2$	0,3005$_1$	8,89$_8$
0,00995	0,04218	138,32	4,301$_8$	0,3389$_7$	8,03$_6$	156,60	4,778$_0$	0,3768$_6$	8,93$_4$
0,01193	0,05059	166,61	5,181$_5$	0,4083$_0$	8,07$_0$	188,69	5,757$_1$	0,4541$_1$	8,97$_8$

i	H	$t = 353°$				$t = 357°$			
		x	B	I	k	x	B	I	k
0,00102	0,00432$_4$	—	—	—	—	21,07	0,6394	0,05053	11,68$_5$
0,00201	0,00853$_6$	34,73	1,081$_1$	0,08535	9,99$_8$	41,61	1,262$_6$	0,09979	11,69$_0$
0,00300	0,01274	51,95	1,617$_2$	0,1276$_7$	10,02$_1$	62,51	1,896$_7$	0,1499$_2$	11,76$_7$
0,00399$_9$	0,01695	69,49	2,163$_3$	0,1708$_0$	10,07$_6$	83,57	2,535$_5$	0,2004$_2$	11,82$_1$
0,00499	0,02115	86,80	2,702$_0$	0,2133$_3$	10,08$_6$	105,00	3,185$_7$	0,2518$_2$	11,90$_6$
0,00598	0,02535	104,76	3,261$_1$	0,2574$_9$	10,15$_7$	126,53	3,838$_9$	0,3034$_7$	11,97$_1$
0,00697	0,02956	122,32	3,807$_8$	0,3006$_6$	10,17$_1$	148,10	4,493$_3$	0,3552$_1$	12,01$_6$
0,00796$_8$	0,03377	140,25	4,365$_0$	0,3447$_4$	10,20$_8$	170,06	5,159$_8$	0,4079$_1$	12,07$_9$
0,00896	0,03798	—	—	—		191,60	5,813$_3$	0,4595$_8$	12,10$_0$
0,00995	0,04218	175,99	5,478$_7$	0,4326$_1$	10,25$_6$	214,76	6,515$_8$	0,5151$_5$	12,21$_3$
0,01193	0,05059	212,79	6,624$_3$	0,5231$_1$	10,34$_0$	260,47	7,902$_7$	0,6248$_5$	12,35$_1$

i	H	$t = 358°$			
		x	B	I	k
0,00201	$0{,}00853_6$	23,67	0,7370	0,05796	$6{,}79_0$
0,00300	0,01274	35,50	1,1051	0,08692	$6{,}82_2$
$0{,}00399_9$	0,01695	49,01	$1{,}525_6$	$0{,}1200_5$	$7{,}08_2$
0,00499	0,02115	62,33	$1{,}940_6$	$0{,}1526_9$	$7{,}21_9$
0,00598	0,02535	74,68	$2{,}324_7$	$0{,}1829_7$	$7{,}21_7$
0,00697	0,02956	87,66	$2{,}728_8$	$0{,}2147_9$	$7{,}26_6$
$0{,}00796_8$	0,03377	100,31	$3{,}122_6$	$0{,}2458_0$	$7{,}27_8$
0,00995	0,04218	130,55	$4{,}064_0$	0,32004	$7{,}58_7$
0,01193	0,05059	158,18	$4{,}924_1$	$0{,}3878_2$	$7{,}66_5$

13. Verlauf der Suszeptibilitäts-Kurven.

Aus den Fig. 2 und 3 ist zu ersehen, dass die Suszeptibilitätskurven durchwegs geradlinig sind; die Werte für H wurden aber auch nur so gross gewählt, als sie in das Bereich der Geraden fallen. Wie in der Einleitung bemerkt, fanden schon C. Baur und Lord Rayleigh in sehr schwachen Feldern für die Magnetisierungs-Intensität I in Funktion des Feldes H einen parabolischen Verlauf

$$I = a\,H + b\,H^2$$

und somit für die Suszeptibilität k

$$k = a + b\,H$$

die Gleichung einer Geraden. In den Gleichungen bedeuten a die anfängliche Suszeptibilität für ein Feld $H = 0$ und b die Tangente der Suszeptibilitätsgeraden.

Neben der anfänglichen Suszeptibilität a wurde auch jeweilen die „anfängliche" Neigung b der Suszeptibilitäts-Kurven (-Geraden) für die verschiedenen Temperaturen bestimmt.

Unter Annahme eines homogenen Feldes gleich der mittleren Feldstärke

$$H_m = \frac{2\,N_1\,i}{(r_2 - r_1)} \operatorname{logn}\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \tag{1}$$

(Seite 497) könnten die anfänglichen Neigungen

$$b' = \frac{k - a}{H_m}$$

aus den Figuren 2 und 3 direkt entnommen werden, da die Suszeptibilitäten k in Funktion von H_m aufgetragen wurden.

Da das Feld jedoch nicht homogen ist, so ergibt sich b aus der Gleichung für die Induktion B wie folgt:

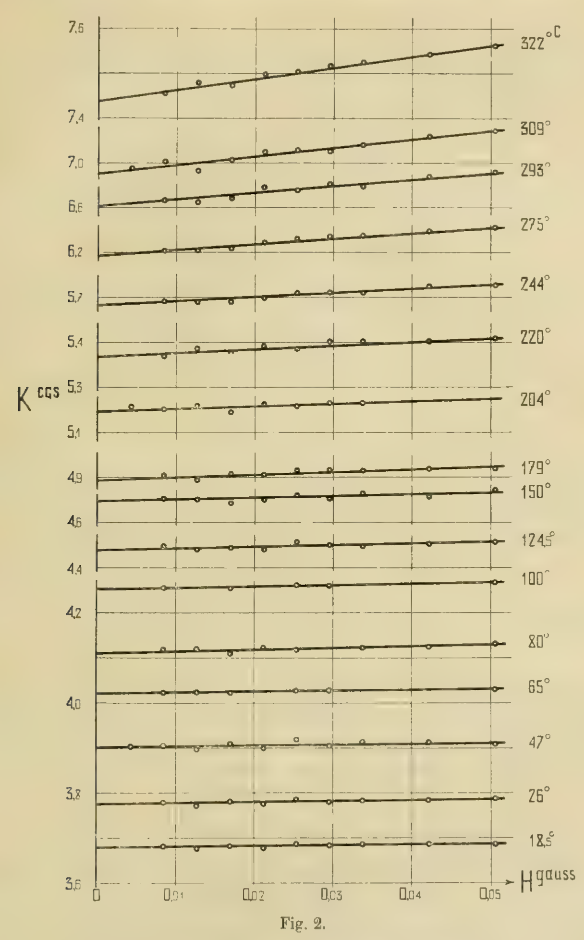


Fig. 2.

Die Suszeptibilität k in Funktion der Feldstärke H.

Die in einem Flächenelement $h\,d\,r$ erzeugte Induktion ist

$$d\,B = [(1 + 4\,\pi\,a)\,H + 4\,\pi\,b\,H^2]\,h\,d\,r$$

oder, da

$$H = \frac{2\,N_1\,i}{r},$$

$$d B = (1 + 4 \pi a) \, 2 N_1 \, i \, h \frac{d r}{r} + 4 \pi b \, h \, (2 N_1 \, i)^2 \frac{d r}{r^2}$$

und somit die im gesamten Querschnitt auftretende Induktion

$$B = (1 + 4 \pi a) \, 2 N_1 \, i \, h \int_{r_1}^{r_2} \frac{d r}{r} + 4 \pi b \, h \, (2 N_1 \, i)^2 \int_{r_1}^{r_2} \frac{d r}{r^2}$$

$$= (1 + 4 \pi a) \, 2 N_1 \, i \, h \operatorname{logn} \left(\frac{r_2}{r_1} \right) + 4 \pi b \, h \, (2 N_1 \, i)^2 \cdot \frac{r_2 - r_1}{r_1 \cdot r_2} .$$

Daraus berechnet sich

$$b = \frac{B - (1 + 4 \pi a) \, 2 N_1 \, i \, h \operatorname{logn} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{4 \pi h \, (2 N_1 \, i)^2 \frac{r_2 - r_1}{r_1 \cdot r_2}} . \tag{6}$$

Für das oben genannte homogene Feld H_m wäre in analoger Weise

$$b' = \frac{B - (1 + 4 \pi a) \, 2 N_1 \, i \, h \operatorname{logn} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{4 \pi h \, (2 N_1 \, i)^2 \frac{r_2 - r_1}{r_m^2}} . \tag{6'}$$

worin

$$r_m = \frac{r_2 - r_1}{\operatorname{logn} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}$$

den auf Seite 497 angegebenen Radius der mittleren magnetisierenden Kraft H_m bedeutet.

Da sich die beiden Werte b und b' nur durch die Faktoren

$$f = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} \quad \text{und} \quad f' = \frac{r_m^2}{r_2 - r_1}$$

unterscheiden und diese Faktoren durch die Gleichung

$$f = f' \frac{r_1 \cdot r_2}{r_m^2} = f' \, 0{,}9553$$

zusammenhängen, so können die wahren anfänglichen Neigungen b direkt aus den in den Fig. 2 und 3 dargestellten Neigungen b' durch Multiplikation mit 0,9553 gefunden werden, denn diese sind mit den aus Gleichung (6') sich ergebenden identisch. Es ist somit

$$b = b' \, 0{,}9553. \tag{7}$$

Nachfolgende Tabelle zeigt den Zusammenhang von a, b' und b mit der Temperatur.

t° C.	a C.G.S.	b'	b	t° C.	a C.G.S.	b'	b	t° C.	a C.G.S.	b'	b
18,5	3,681	0,161	0,154	150,0	4,646	0,411	0,393	309,0	6,975	1,994	1,905
26,0	3,778	0,166	0,158	179,0	4,897	0,526	0,502	322,0	7,438	2,515	2,402
47,0	3,904	0,196	0,187	204,0	5,140	0,622	0,594	333,0	7,899	3,238	3,093
65,0	4,018	0,219	0,209	220,0	5,374	0,741	0,708	344,0	8,735	4,756	4,543
80,0	4,111	0,247	0,236	244,0	5,683	0,901	0,861	353,0	9,908	8,416	8,040
100,0	4,256	0,285	0,272	275,0	6,196	1,271	1,214	357,0	11,652	15,230	14,548
124,5	4,442	0,338	0,323	293,0	6,597	1,582	1,511	358,0	6,685	20,081	19,183

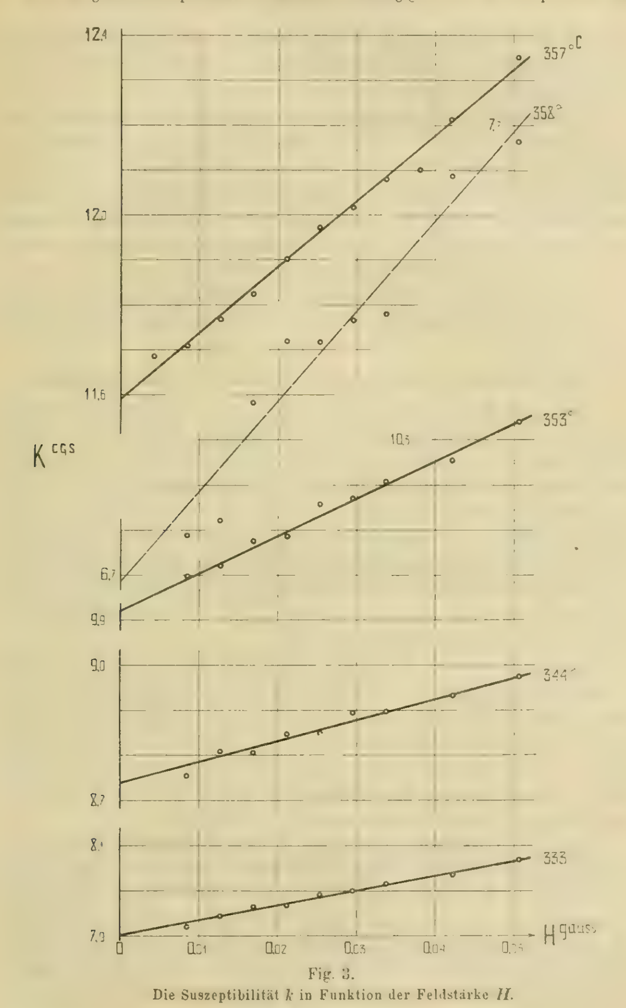


Fig. 3.
Die Suszeptibilität k in Funktion der Feldstärke H.

14. Umwandlungspunkt.

Für das Nickel, das der Untersuchung zu Grunde lag, müsste die gefundene Grenztemperatur von 359° C. (siehe Seite 513) dem auf Seite 523 definierten Umwandlungspunkte entsprechen.

Sie ist aber auffallend niedriger (um 10°—15°) als die Umwandlungstemperaturen, welche für Nickel bei verschiedenen früheren Versuchen ermittelt wurden.

Hopkinson[1]) fand allerdings eine noch bedeutend tiefere Umwandlungstemperatur von 310° C., aber bei „unreinem" Nickel.

Das hier untersuchte kann zwar mit 2% fremden Stoffen auch nicht als reines Nickel, wie es im Handel bezeichnet wird, gelten, aber immerhin ergaben Nickelsorten gleicher Provenienz bei Versuchen im physikal. Laboratorium der eidg. polytechnischen Schule wesentlich höhere Umwandlungstemperaturen bis zu 376°.

Diese auffallende Differenz der Umwandlungstemperaturen wird weiter unten noch besprochen, bezw. erklärt werden (s. Seite 523 und 533—535).

III. Zusammenstellung und Diskussion der Resultate.

Aus den Fig. 2 und 3, in welchen die Suszeptibilitäten k in Funktion der Feldstärken H für verschiedene Temperaturen aufgetragen sind, ist ersichtlich, dass für die niederen Temperaturen die Neigungen der Suszeptibilitätsgeraden sehr gering, nur wenig von einander verschieden sind und erst in höheren Temperaturen rasch zunehmen. Die anfängliche Suszeptibilität a, die Ordinate des Schnittpunktes der Suszeptibilitätskurve mit der Achse $H = 0$, wächst auch anfangs langsam, ganz regelmässig und nimmt erst in den höheren Temperaturen rasch zu. Die richtige Lage der einzelnen Suszeptibilitätsgeraden zu einander zeigt Fig. 4.

In Fig. 5 sind die Werte der anfänglichen Suszeptibilität und der anfänglichen Neigung der zugehörenden Suszeptibilitätskurven, wie sie aus Formel (7) Seite 518 ermittelt wurden, in Funktion von der Temperatur aufgetragen. Aus dieser Figur ist auch die Art des Verlaufes von a und b mit wachsender Temperatur erkennbar. Die beiden Kurven steigen zuerst allmählich, dann immer rascher, besonders b wächst gegen den Umwandlungspunkt zu rapid.

Bis 357° C. ist der Verlauf der beiden Kurven ein stetiger; die Untersuchung bei 358° C. zeigt jedoch eine Unstetigkeit. Während die Neigung b noch steiler wird ($b = 19{,}183$), die b-Kurve also stetig weiter steigt, sinkt der zugehörige Wert von a plötzlich auf 6,685. Ähnliche Unstetigkeiten der Kurven sind auch von Ewing[2]) für die Permeabilität von Stahl und Eisen angeführt. Die Kurve der anfänglichen Suszeptibilität scheint also bei ungefähr 357° C. in eine Spitze

[1]) Hopkinson: Proc. Royl. Soc., Vol. XLIV, 1888, p. 317. — du Bois: Phil. Mag. 1890, April. — Morris: Phil. Mag. 1897, September.

[2]) Ewing: Magn. Ind. in Iron. 3th ed. London, Ch. VIII, p. 172—175.

auszulaufen und dann in der Nähe des Umwandlungspunktes bei 359° C. gegen 0 zu fallen. Beim Abkühlen zeigte sich das Umgekehrte; die Werte steigen sehr rasch an und nehmen dann nach der gleichen Kurve ab, sind also auch in nächster Nähe des Umwandlungspunktes reversibel.

Aus dem Zusammenhange der beiden Kurven a und b, der später dargelegt wird, zu schliessen, ist ein solcher Verlauf der a-Kurve unwahrscheinlich. Es ist anzunehmen, dass a gleichfalls wie b weitersteigt und dass beide Kurven erst im Moment, wenn die Umwandlungstemperatur erreicht ist, auf kleine Werte abfallen.

Der Wert der anfänglichen Suszeptibilität a bei 358° C. wurde in den Fig. 5 und 12 nicht eingetragen, da er nicht wahrscheinlich ist; bei stetigem Weitersteigen der a-Kurve müsste dieser Wert ungefähr doppelt so gross sein, als er gefunden wurde.

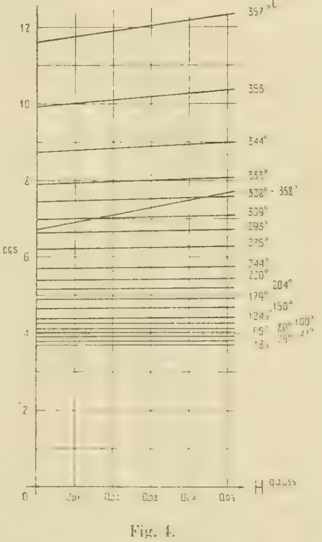


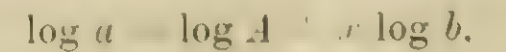
Fig. 4.
Die Suszeptibilität k in Funktion der Feldstärke H.

Es kann möglich sein, dass das Sinken der anfänglichen Suszeptibilität in nächster Nähe des Umwandlungspunktes davon herrührt, dass ein Teil des Nickelringes schon die Umwandlungstemperatur hat, während der andere Teil noch etwas kälter ist. Kleine Temperatur-Unregelmässigkeiten und Schwankungen in einem so grossen Ofen sind immerhin unvermeidlich und haben natürlich in nächster Nähe des Umwandlungspunktes einen grossen Einfluss auf den Zustand des Nickels. Die Unstetigkeit im Anwachsen der k-Werte bei 358° C. dürfte auch diesem Umstande zuzuschreiben sein.

Zu vollkommen exakten Untersuchungen mit kleineren Temperatur-Intervallen in der Nähe des Umwandlungspunktes müsste ein flacher Ring gewählt werden, dessen Höhe im Verhältnis zur Ofenhöhe klein ist.

Um einen Zusammenhang der beiden Kurven zu finden, wurden die zu gleichen Temperaturen gehörenden Werte von a und b logarithmiert und die gefundenen Logarithmen in ein Koordinatensystem,

der eine Logarithmus als Abszisse, der andere als Ordinate, vereinigt. Die Verbindung der so aufgetragenen Punkte ergibt, wie aus Fig. 5 oben ersichtlich, eine Gerade von der Gleichung



$$\log a = \log A + x \log b.$$

Fig. 5.

Die anfängliche Suszeptibilität a und die anfängliche Neigung b der Suszeptibitätkurven $k = f(H)$ in Funktion der Temperatur. Potentieller Zusammenhang der beiden Kurven.

in welcher $\log A$ die Anfangsordinate, die Ordinate des Schnittpunktes der Geraden mit der Achse $\log b = 0$, und x die Neigung der Geraden bedeuten.

Der obigen Gleichung entspricht nun

$$a = A b^x,$$

womit sich eine Potenz als Zusammenhang der anfänglichen Suszeptibilität a und der anfänglichen Neigung b zeigt.

Die Gerade schneidet die Achse $\log b = 0$ in der Ordinate

$$\log A = 0{,}772 \text{ (daraus } A = 5{,}9156)$$

und hat eine Neigung

$$x = \frac{1}{4{,}0}.$$

Die Gleichung für a schreibt sich somit

$$a = 5{,}9156\, b^{1/4}$$

und zur vierten Potenz erhoben

$$a^4 = 5{,}9156^4 \cdot b,$$

also

$$b = \frac{a^4}{1225}. \qquad \text{(I)}$$

Die vorstehenden Untersuchungen ergaben demnach folgende Resultate:

Unterhalb der Umwandlungstemperatur wächst bei dem untersuchten Nickel mit steigender Temperatur die anfängliche Suszeptibilität und die anfängliche Neigung der Suszeptibilitätskurven in Funktion der Feldstärke.

Für jede Temperatur innerhalb des Versuchsbereiches ist die anfängliche Neigung der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$ mit der vierten Potenz der anfänglichen Suszeptibilität proportional (I).

Als weiteres Resultat wurde für das untersuchte Nickel eine wesentlich tiefere Umwandlungstemperatur, als bei den bisher durchgeführten Versuchen im phys. Laboratorium der eidg. polytechnischen Schule mit Nickelsorten gleicher Provenienz konstatiert (S. 513 u. 520).

Da letztere aber in sehr starken Feldern von mehreren Tausend Gauss, die in vorliegender Arbeit beschriebenen jedoch in sehr schwachen Feldern bis 0,0043 Gauss vorgenommen wurden, so ist die Vermutung naheliegend, dass die Umwandlungstemperatur von der Feldstärke abhängig ist.

Um darüber Aufschluss zu erhalten, wurden die im zweiten Teil beschriebenen orientierenden Versuche ausgeführt.

B. ABHÄNGIGKEIT DES UMWANDLUNGSPUNKTES VON DER FELDSTÄRKE.

15. *Einleitung: Definition des Umwandlungspunktes.*

Wird für ein gegebenes Feld das Quadrat der Magnetisierungsintensität I^2 in Funktion der Temperatur T aufgetragen, os zeigt die so erhaltene Kurve in einem ausgedehnten Bereich vor dem Verlust der starken magnetischen Eigenschaften einen geradlinigen Verlauf.

Es wird aber beim Verlust der starken magnetischen Eigenschaften die Intensität der Magnetisierung nicht Null, sondern sehr klein. Der Körper nimmt paramagnetische Eigenschaften an. Als Umwandlungspunkt Θ wird nun der Schnittpunkt des bis zur t-Achse verlängerten geradlinigen Teiles der Kurve $I^2 = f(t)$ mit der t-Achse definiert (s. Fig. 9).

I. Versuchseinrichtung.

16. Methode[1].

Aus dem zu untersuchenden Nickel wurde ein längliches Rotationsellipsoid[2] (grosse Achse 7,5 mm, kleine Achse 2 mm) gedreht und, um eine seiner kleinen Achsen drehbar, in das horizontale Feld eines Elektromagneten gebracht, der sich um eine vertikale Achse drehen lässt. Die grosse Achse des Ellipsoides fällt somit in die horizontale Richtungsebene des magnetischen Feldes des Elektromagneten.

Die Methode besteht in der Messung des von dem horizontalen äusseren Felde H des Magneten auf das Ellipsoid ausgeübten Drehmomentes. Wenn N_1 und N_2 die Hauptmagnetisierungsfaktoren für die horizontalen Achsen Ox und Oy des Ellipsoides vom Volumen V sind, so ist das Drehmoment

$$C = V I H \sin(\alpha - \varphi),$$

wobei α der Winkel des Feldes H und φ derjenige der Intensität der Magnetisierung I mit Ox bedeuten. Da das resultierende Feld aus dem äusseren Felde des Magneten und dem entmagnetisierenden Felde des Ellipsoides die gleiche Richtung wie I hat, so kann für das Drehmoment gesetzt werden

$$C = V(N_2 - N_1) I^2 \sin\varphi \cos\varphi,$$

das für $\varphi = 45°$ durch ein Maximum geht:

$$C_{max} = \frac{1}{2} V(N_2 - N_1) I^2.$$

Das mit einer Feder gemessene Drehmoment C ist somit, bis auf einen konstanten Faktor, gleich dem Quadrate der Intensität der Magnetisierung.

Da die Untersuchungen auch in schwachen Feldern vorgenommen wurden, so sei schon jetzt bemerkt, dass diese Drehmomentmethode nur dann genau gilt, wenn das zu untersuchende Metall gesättigt ist;

[1] P. Weiss: J. de phys. 1907, t. VI., 4e sér., p. 665. — P. Weiss: Phys. Zeitschrift 1908, 9. Jahrgang, S. 359.

[2] Maxwell: Electricity, Vol. II. §§ 437—438. — Ewing: Induktion in Iron. Ch. I, p. 23.

denn nur dann tritt das Maximum des Drehmomentes bei $\varphi = 45^\circ$ auf. Da die Sättigung in schwachen Feldern erst bei Temperaturen in der Nähe des Umwandlungspunktes eintritt, so sind die I^2- und I-Kurven (Fig. 9) nur im letzten, steil gegen den Umwandlungspunkt zu abfallenden Teil streng richtig[1]).

Immerhin geben sie ein angenähertes Bild des Verlaufes der Magnetisierungsintensität I in Funktion der Temperatur, was schon der Vergleich mit der I-Kurve für ein Feld $H = 4$ C. G. S. zeigt, die mit dem Nickelring nach der ballistischen Methode aufgenommen wurde (s. Fig. 9 rechts unten).

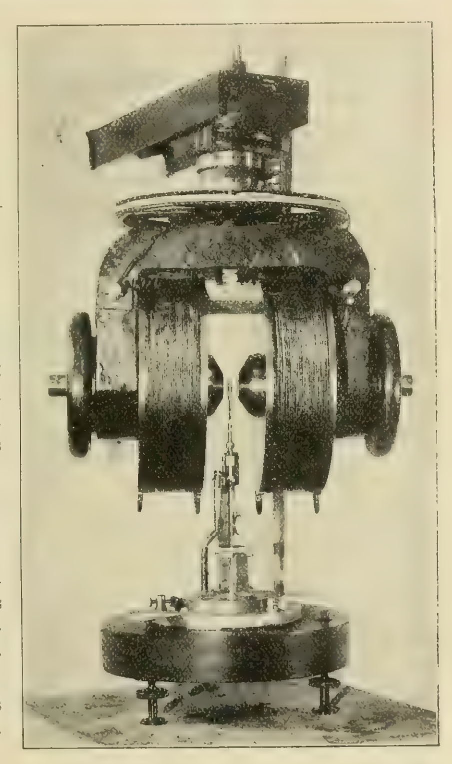


Fig. 6[3]).

Elektromagnet und Apparat zur Messung der Magnetisierungs-Intensität mit abgenommenem elektrischem Ofen.

17. Erzeugung und Messung des magnetischen Feldes.

Das magnetische Feld wurde mittelst eines Elektromagneten[2]) erzeugt, dessen magnetischer Kreis durch ein U-förmiges Joch aus sehr weichem schwedischen Eisen, an dem zwei zylindrische Kerne p und p' (s. Fig. 7) aus gleichem Material befestigt sind, gebildet

[1]) F. Hegg: Thèse, Zurich 1910. — S. auch: Archives des Scs. Phys. et Nat. 191 t. XXVIII.

[2]) P. Weiss: Arch. des Scs. Phys. et Nat. 1908, t. XXVI, p. 105. — P. Weiss: J. de phys. 1907, t. VI., 4e sér., p. 353. — Ausführliche Zeichnungen und Abbildungen: Schweiz. Bauzeitung B. 53, 1909. S. 240.

[3]) Aus F. Hegg: Thèse, Zurich 1910.

wird. Die Kerne können mittelst Schraubenmuttern, die als Handrädchen *m* ausgebildet sind, in der Richtung ihrer Achse bewegt werden, wodurch eine genaue Einstellung des Luftspaltes ermöglicht

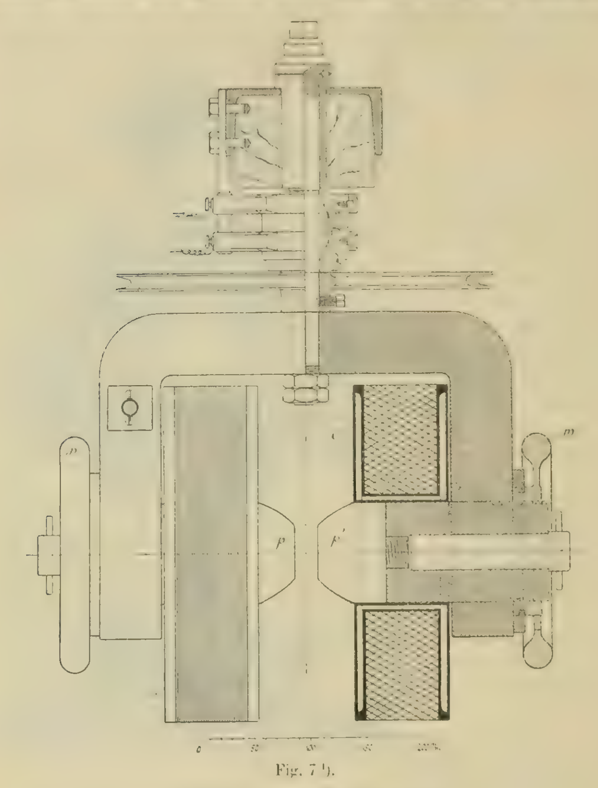


Fig. 7 [1].

Querschnitt durch den Elektromagneten.

ist. Eine Gradeinteilung an den Handrädchen gibt die jeweilige Entfernung der Pole an. Zur Vermeidung einer zu grossen Streuung sind die Spulen so nahe als möglich an die Polstücke verlegt.

Der Apparat ist an einer Konsole drehbar aufgehängt und kann mittelst einer Schnur vom Platze des Beobachters aus gedreht werden.

[1] Aus F. Hegg: Thèse. Zurich 1910.

Fig. 6 zeigt einen Magneten des physikalischen Institutes der eidg. polytechnischen Schule in Zürich; die Untersuchungen wurden mit einem kleineren, gleicher Konstruktion[1] durchgeführt. In Fig. 7 ist ein Querschnitt durch den Magneten dargestellt.

Zur Bestimmung der Magnetisierungsintensität I ist eine genaue Kenntnis des magnetischen Feldes H in absoluten Einheiten unbedingt erforderlich. Solche Feldmessungen werden mittelst der elektromagnetischen Waage von Cotton[2]) vorgenommen.

Da es sich hier aber nur um die Bestimmung des Umwandlungspunktes und die relative Lage der Magnetisierungsintensitäten I zu einander handelte, wozu die Kenntnis von I in absoluten Einheiten nicht erforderlich war, so wurden die Feldstärken nicht direkt gemessen, sondern nach Angaben von A. Perrier benützt.

Es sei noch erwähnt, dass zur Erlangung des gleichen, einer bestimmten Stromstärke des Spulenstromes entsprechenden Feldes eine gänzliche Entmagnetisierung der Eisenkerne unbedingt erforderlich ist. Nur dadurch lässt sich für sehr kleine Felder eine Genauigkeit von 1 %₀ erreichen, was als äusserste Genauigkeitsgrenze für Feldmessungen solch kleiner Werte angesehen werden kann.

Die Entmagnetisierung erfolgte durch Wechselstrom von 50 Perioden, dessen Intensität vermittelst Regulierwiderständen ganz langsam bis zu Bruchteilen von Ampère vermindert wurde.

Dadurch war die Möglichkeit gegeben, sämtliche Untersuchungen von den starken Feldern, wie sie die Sättigung erfordert, bis zu den ganz schwachen mit dem gleichen Apparat durchzuführen.

18. Apparat zur Messung der Magnetisierungs-Intensität[3]).

Der Apparat (s. Fig. 8), welcher das Ellipsoid trägt, ist um eine vertikale Achse drehbar, die mit der Drehachse des Elektromagneten zusammenfällt. Zwei feste, gegeneinanderschauende Stahlspitzen, p und p', um die sich der Apparat mittelst Saphirlagern dreht, fixieren die Achse im Raum.

Der drehbare Teil besteht in der Hauptsache aus einem auf der unteren Stahlspitze aufruhenden Kupferstab d, der am oberen Ende

[1]) A. Perrier: Thèse, Zurich 1909, p. 15.

[2]) Cotton: J. de phys. 1900, t. IX., 3e sér., p. 383. — Cotton: l'Eclairage électrique 1894, t. XXIV., p. 257. — Photograph. Abbildung: Weiss et Cotton: Le Radium 1907, p. 204.

[3]) F. G. Baily: Phil. Transactions 1896, t. CLXXXII., p. 715. — F. G. Baily: Electrician 1894, t. XXXIII, p. 516. — P. Weiss et V. Planer: J. de phys. 1908, t. VII, 4e sér., p. 5. — P. Weiss: J. de phys. 1905, t. IV, 4e sér., p. 835. — A. Perrier: Thèse, Zurich 1909, p. 17. — S. auch: Archives des Scs. Phys. et Nat. 1909, t. XXVII. — F. Hegg: Thèse, Zurich 1910, p. 15. — S. auch: Archives des Scs. Phys. et Nat. 1910, t. XXVIII.

zu einem Rahmen ausgebildet ist, um den Tragarm der zweiten Stahlspitze zu umgreifen. Der Rahmen trägt in einer Klemmvorrichtung ein Porzellanstäbchen mit dem Silbersupport zur Befestigung des zu untersuchenden Ellipsoides E. Am Kupferstab sind ferner noch befestigt ein konkaver Spiegel m für die Ablesung der Ablenkungen auf einer zwei Meter entfernten Skala und eine Dämpfvorrichtung aus Aluminium, deren Flügel in Petroleum tauchen[1]). Die dem Drehmoment des Ellipsoides entgegenwirkende Spiralfeder ist mit ihrem inneren Ende am drehbaren Teil des Apparates befestigt. Ihr äusseres Ende ist mit einem Ring verbunden, der nach Einstellung der gewünschten Nullage in einem zweiten unbeweglichen Ring festgeklemmt werden kann.



Fig. 8[2]).
Apparat zur Messung der Magnetisierungs-Intensität. (Elektr. Ofen im Ouerschnittt.)

Der ganze Apparat ist auf einer Messingplatte angeschraubt, die auf einem durch Schrauben horizontal einstellbaren Holzrondell ruht (s. Fig. 6).

Bei den Messungen in den schwachen Feldern war es nötig, den aus Kupfer bestehenden Rahmen durch einen wesentlich leichteren aus Holz zu ersetzen, um die Reibung in den Spitzen zu verkleinern.

19. Elektrischer Ofen.

Zur Verwendung kam ein Ofen F (s. Fig. 8), wie ihn A. Perrier und später auch F. Hegg[3]) in ihren magneto-thermischen Arbeiten mit Erfolg benützten. Derselbe besteht aus einem vertikalen, oben geschlossenen Zylinder aus 1 mm starkem Silberblech von 14 mm innerem Durchmesser und von ca. 80 mm Höhe. Als Material wurde deshalb Silber gewählt, weil es ein gegen Magnetismus indifferentes Metall ist, die Wärme gut leitet und sich nicht oxydiert. Über dem Zylinder wurde in einer Höhe von 75 mm blanker Platindraht für den Heizstrom bifilar gewickelt, dessen Spiralen vom Silbermantel durch eine Schicht Glimmer isoliert und von einander durch Kaolinpaste getrennt waren. Das Ganze wurde mit einer Mischung von Kaolin und Wasserglas in mehreren Schichten bestrichen.

[1]) Die Dämpfvorrichtung ist in Fig. 8 nicht angegeben. Siehe A. Perrier: Thèse, Zurich 1909, Fig. 2, p. 17.

[2]) Aus F. Hegg: Thèse, Zurich 1910.

[3]) Weiss et Beck: J. de phys. 1908, 4e sér., t. VII, p. 5. A. Dumas: Thèse, Zurich 1908. — A. Perrier: Thèse, Zurich 1909 — F. Hegg: Thèse, Zurich 1910. — S. auch: P. Curie: Thèse, mars 1905, Gauthier Villars. — P. Curie: Oeuvres publ. par la Soc. franc. de Phys.

Die Aichung des Ofens wurde mit einem Thermoelement C (s. Fig. 8) auf ähnliche Weise vollzogen, wie im ersten Teil der Arbeit beschrieben, und diejenige Partie des Ofens gesucht, in der die Temperatur vollkommen konstant ist. In einem Abstande von 0,5 cm von der Decke des Ofens ergab sich ein Raum von 15 mm Höhe, in dem die Temperatur bei 600° C. nur um 0,5° variierte.

Der Ofen wurde dann so eingestellt, dass das Ellipsoid und die Lötstelle des Thermoelementes in diesen Raum zu liegen kamen.

20. *Temperaturmesseinrichtung.*

Die Temperaturmessungen erfolgten mit einem Thermoelement von Le Chatelier, dessen Drähte durch Hartglas von einander isoliert am Mantel des Ofens so befestigt wurden, dass die Lötstelle in nächster Nähe des Ellipsoides zu liegen kam.

P. Weiss bringt in neuester Zeit die Lötstelle direkt mit dem Ellipsoid in Berührung, wodurch absolute Gewissheit über die Temperatur des Körpers selbst erreicht wird. Die beiden Drähte, durch Quarzglasröhrchen isoliert und längs des Porzellanstäbchens nach abwärts aus dem Ofen geführt, machen dann die Drehungen des Apparates mit, während ihre freien Enden unbeweglich in zwei durch Eis gekühlte, mit Quecksilber gefüllte Glasnäpfe tauchen. Um bei der Drehung den hemmenden Einfluss auf das Moment möglichst klein zu halten sind die beiden Drähte zwischen den beweglichen Quarzglasröhrchen und den unbeweglichen Glasnäpfen in elastischen Spiralen gewunden.

Eine ähnliche Einrichtung wurde auch hier versucht, um die Lötstelle des Thermoelementes mit dem Ellipsoid in Berührung zu bringen. Doch musste dem hemmenden Einfluss der beiden Drähte auf das Drehmoment, der dort bei den Untersuchungen in sehr starken Feldern vernachlässigbar war, mehr Beachtung geschenkt werden, da es sich hier um bedeutend schwächere Momente handelte.

Die Drähte wurden am Rahmen des Apparates zur Messung der Magnetisierungs-Intensität nach abwärts und längs der Arme der Dämpfvorrichtung radial nach auswärts geleitet und tauchten mit ihren Enden beweglich in weite Quecksilbernäpfe. Bei der Bewegung der Drahtspitzen im Quecksilber zeigte sich jedoch eine so grosse Reibung, dass eine genaue Einstellung des Ausschlages nicht zu erreichen war. Es musste daher von dieser Einrichtung Abstand genommen und mit der am Ofen befestigten Lötstelle, wie eingangs beschrieben, die Umgebungstemperatur des Nickelellipsoides gemessen werden (s. Fig. 8). Dies ist auch vollkommen zulässig, wenn vom Anwärmen bis zur Messung genügend Zeit aufgewendet wird, um sicher zu sein, dass das Ellipsoid die Ofentemperatur angenommen hat.

Zur Messung der thermo-elektromotorischen Kraft des Thermoelementes diente ein Kompensationsapparat der „Land- und Seekabelgesellschaft, Nippes-Köln“ und ein Galvanometer Deprez-d'Arsonval zur Verwirklichung der Kompensation. Bei Anwendung der Nullpunktsmethode entfällt jeder Einfluss der Widerstandsänderung der Leiter vom Thermoelement zum Galvanometer.

Zur Aichung des Thermoelementes wurden genau bekannte Schmelz- und Siedepunkte benützt.

Die beiden Drähte wurden, durch Hartglasröhren von einander getrennt, mit der Lötstelle in ein weiteres, unten zugeschmolzenes Hartglasrohr gebracht und so in die Substanz, dessen Schmelzpunkt zu ermitteln war, eingetaucht. Der mit der Substanz gefüllte Chamottetigel wurde in einem Chamotteofen von Perrot gestellt und erhitzt. Bei Anwendung einer genügenden Menge der Schmelzmasse hält sich sowohl beim langsamen Erhitzen, als beim Erstarrenlassen die Temperatur des Schmelzpunktes ziemlich lange, was eine genaue Bestimmung der thermo-elektromotorischen Kraft erleichtert.

Die nachfolgenden Fixpunkte dienten zur Bestimmung der Aichungskurve und ergaben die thermo-elektromotorischen Kräfte:

Siede- bezw. Schmelzpunkt von		Thermo-elektromotorische Kraft
Wasser	98° C.	$6{,}11 \times 10^{-4}$ Volt
Zinn	232° „	$16{,}69 \times 10^{-4}$ „
Blei	327° „	$25{,}16 \times 10^{-4}$ „
Zink	419° „	$33{,}80 \times 10^{-4}$ „
Antimon . . .	630° „	$54{,}87 \times 10^{-4}$ „

Die durch diese Punkte erhaltene Kurve wurde mit derjenigen von der technisch-physikalischen Reichsanstalt in Berlin für solche Thermoelemente gegebenen verglichen, um Interpolationen von Zwischenpunkten durch den Parallelismus der beiden Kurven zu erleichtern.

21. Empfindlichkeit und Genauigkeitsgrad.

Die Federn am Apparat zur Messung der Magnetisierungs-Intensität wurden so gewählt, dass die beobachteten Ablenkungen auf der Skala 100 bis 200 mm betrugen, was für die relativen Messungen, auf die es hier nur ankam, bei Zulassung eines Ablesungsfehlers von 0,1 mm, eine Genauigkeit von 1—2 ‰ ergibt. Da die Ablenkungen mit I^2 proportional sind, so sind für die I-Werte die relativen Fehler nur halb so gross.

Der Kompensationsapparat der Temperaturmesseinrichtung ist so konstruiert, dass noch Zehntelgrade mit einem Thermoelement von

Le Chatelier gemessen werden können. Diese Genauigkeit ist mehr als genügend, da die Temperatur des Ofens und des Ellipsoides nicht im selben Masse gleichförmig zu erhalten war.

Die magnetischen Feldstärken wurden, wie schon angedeutet, nicht gemessen, sondern nur nach Angaben von A. Perrier angenommen.

22. Allgemeine Disposition.

Die Skala zur Ablesung der Ablenkungen befand sich 2 m resp. 4 m von der Drehachse des Magneten entfernt. Mit einer Schnur konnte der Magnet vom Beobachtungsplatze aus, wo die nötigen Messinstrumente vereinigt waren, verdreht werden.

II. Versuchsdurchführung.

Der Ofen wurde angeheizt, die Temperatur mittelst des Thermoelementes und der Temperaturmesseinrichtung konstant gehalten, und nach Einstellung einer bestimmten Feldstärke die Ablenkungen, hervorgerufen durch das Drehmoment des äusseren magnetischen Feldes auf das Ellipsoid, gemessen. Bei ständigem Klopfen auf den Tisch des Apparates und bei langsamem Drehen des Elektromagneten liess sich leicht die der maximalen Ablenkung entsprechende Lage des Magneten einstellen.

Es wurden stets die Ablenkungen nach beiden Richtungen gemessen, um bei etwaiger Nachwirkung (Trägheit) der Feder die kleinen Verschiebungen des Nullpunktes zu eliminieren. Auch wurde stets der Spulenstrom des Magneten von jeder Ablesung des öftern kommutiert, um sicher zu sein, dass das Feld die der Stromstärke entsprechende Grösse angenommen hat.

Die Untersuchungen in starken Feldern bis zu $H = 250$ Gauss hinunter erfolgten mit dem kupfernen Rahmen und entsprechend starken Federn, die in schwachen Feldern mit dem Rahmen aus Holz und sehr schwachen Federn. Der Skalenabstand wurde für letztere auf ca. 4 m vergrössert, um noch genügende Genauigkeit zu erhalten.

Als Masstab für das Quadrat der Magnetisierungsintensität I^2 wurden die Ausschläge mit der Feder, die bei den Untersuchungen im Felde von 6500 Gauss gebraucht wurde, zugrunde gelegt (s. 1. und 2. Tabelle, Seite 532). Die Ablenkungen der andern Federn wurden auf den gleichen Masstab umgerechnet, indem die Ablenkungswinkel einer Feder bei gleicher Temperatur und den verschiedenen Feldstärken miteinander verglichen wurden (s. 3. bis 5. Tabelle, Seite 532).

Absolute Messungen wurden nicht vorgenommen: der Masstab für die Magnetisierungs-Intensitäten ist also mit Ausnahme der I-Kurve im Feld $H = 4$ Gauss (Fig. 9) ein willkürlicher.

Für die Feldstärke $H = 4$ Gauss erfolgte die Untersuchung mit dem Nickelring und der Messeinrichtung, wie sie im ersten Teil dieser Arbeit beschrieben ist; die Magnetisierungs-Intensität ergibt sich hier somit in absoluten Einheiten.

Die gefundenen Messungen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

$H \backsim 6500$ Gauss Polabstand 20 mm		
t° C.	x mm $= I^2$	I willk. E.
50°	163,26	$12,77_7$
100	152,20	$12,34_0$
150	137,20	$11,71_4$
200	118,92	$10,90_5$
250	94,75	$9,70_5$
300	64,88	$8,05_4$
350	24,67	$4,96_7$
360	15,00	$3,87_3$
365	10,10	$3,17_8$
370	5.20	$2,28_0$
375	$0,_0$	—

$H \backsim 3500$ Gauss Polabstand 20 mm		
t° C.	x mm $= I^2$	I willk. E.
50°	163,26	$12,77_7$
100	152,20	$12,34_0$
150	137,20	$11,71_4$
200	118,92	$10,90_5$
250	94,20	$9,70_5$
300	64,21	$8,01_3$
350	21,50	$4,63_7$
360	11,00	$3,31_6$
365	6,00	$2,44_9$
370	0,80	$0,89_4$
371	$0,_0$	—

$H \backsim 250$ Gauss; Polabstand 40 mm				
t° C.	x mm	$\sqrt{x}$	I^2	I willk. E.
280°	211,16	14,531	10,89	$3,30_0$
300	209,27	14,488	10,79	$3,28_5$
330	196,36	14,012	10,13	$3,18_3$
340	186,80	13,667	$9,63_8$	$3,10_4$
350	167,12	12,912	8,62	$2,95_9$
360	46,00	6,782	2,37	$1,54_0$
361	22,00	4,690	$1,13_5$	$1,06_5$
362	$0,_0$	—	—	—

$H \backsim 50$ Gauss; Polabstand 40 mm				
t° C.	x mm	$\sqrt{x}$	I^2	I willk. E.
300°	65,58	8,098	0,355	$0,59_6$
330	68,81	8,295	0,373	$0,61_1$
340	70,30	8,384	0,381	$0,61_7$
350	71,78	8,472	0,389	$0,62_3$
355	71,03	8,428	0,385	$0,62_1$
357	67,40	8,210	0,365	$0,60_4$
360	29,75	5,454	0,161	$0,40_1$
360,5	$0,_0$	—	—	—

$H \backsim 25$ Gauss; Polabstand 40 mm				
t° C.	x mm	$\sqrt{x}$	I^2	I willk. E.
310	38,60	6,213	0,0834	$0,28_8$
330	40,06	6,329	0,0868	$0,29_4$
340	40,95	6,399	0,0887	$0,29_8$
350	42,01	6,481	0,0911	$0,30_1$
355	42,66	6,531	0,0924	$0,30_4$
357	43,12	6,566	0,0934	$0,30_5$
360	42,76	6,572	0,0927	$0,30_4$
[illegible]	$0,_0$	—	—	—

$H = 4$ Gauss: Ballistische Ringmethode			
t° C.	x mm	B C. G. S.	I C. G. S.
299°	239,55	1101,97	87.37
319,5	273,75	1259,30	99.89
336	225,27	1307,46	103,72
347	202,73	1182,34	93,76
352	179,48	1048,25	83,09
358,5	33,76	125,75	9.68
359,5	$0,_0$	—	—

Aus den Tabellen und aus der Fig. 9 ist zu ersehen, dass die Temperatur des Umwandlungspunktes mit abnehmendem Felde abnimmt. Es ergeben sich für die folgenden Feldstärken die nachfolgenden Temperaturen des Umwandlungspunktes:

H Gauss	Θ° C.	H Gauss	Θ° C.
6500	375,0	25	> 360,0
3500	371,0	4	359,5
250	362,0	0,0	359,0
50	360,5		

Die beiden letzten Werte sind dem ersten Teil der Arbeit entnommen.

III. Zusammenstellung und Diskussion der Resultate.

23. *Die Magnetisierungs-Intensität in sehr starken Feldern.*

Die Untersuchungen in den Feldern von 6500 und 3500 Gauss ergeben bis zu 200° C. die gleiche Magnetisierungs-Intensität; das Nickel ist somit in diesen Temperaturen schon bei 3500 Gauss vollkommen gesättigt. Von 200° C. an aufwärts zeigen sich Unterschiede in den Werten, indem bei gleicher Temperatur die Magnetisierungs-Intensität für 6500 Gauss grösser ist, als diejenige für 3500 Gauss. Bei 360° C. beträgt der Unterschied schon 30%. Die Temperatur des Umwandlungspunktes wird von 371° C. bei $H = 3500$ Gauss auf 375° C. bei $H = 6500$ Gauss erhöht.

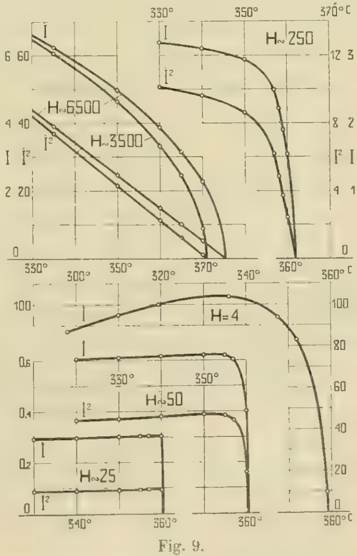


Fig. 9.

Die Magnetisierungs-Intensitäten I und ihre Quadrate in Funktion der Temperatur bei verschiedenen Feldstärken H in der Nähe des Umwandlungspunktes.

Daraus ist zu ersehen, dass der Einfluss von grösseren Feldstärken, als sie zur Sättigung notwendig sind, auf die Magnetisierungs-Intensität in den niederen Temperaturen ohne Belang

ist und sich erst bei Temperaturen in der Nähe des Umwandlungspunktes bemerkbar macht. Zugleich wird mit einer Zunahme des Feldes die Umwandlungstemperatur erhöht.

24. *Die Magnetisierungs-Intensität für das äussere Feld $H = 0$.*

Die von P. Weiss aufgestellte Theorie des „Molekularen Feldes und des Ferromagnetismus"[1]) gibt den Zusammenhang der spontanen Magnetisierungs-Intensität und der Temperatur durch folgende Gleichungen:

$$\left|\begin{array}{l} \dfrac{I}{I_0} = \dfrac{\mathrm{ch}\, a}{\mathrm{sh}\, a} - \dfrac{1}{a} \\[2ex] \dfrac{I}{\Theta} = \dfrac{3}{a}\,\dfrac{I}{I_0}, \end{array}\right.$$

worin I_0 den maximalen Wert der Magnetisierungs-Intensität [wenn alle Molekularmagnete parallel sind] und Θ die Temperatur des Verlustes des spontanen Ferromagnetismus bedeuten. Die Grösse a ist definiert durch

$$a = \frac{\mu H}{r T},\text{[2])}$$

wo H das magnetische Feld, μ das magnetische Moment eines Elementarmagneten und $r T$ zweimal die kinetische Energie eines Freiheitsgrades des Molekels bei der absoluten Temperatur T bedeuten.

P. Weiss zeigt, dass in einem äusseren Feld $H = 0$ die Intensität der Magnetisierung einen endlichen, allein durch das molekulare Feld $N I$ hervorgerufenen Wert annimmt, und dass diese Intensität der Magnetisierung nur der Sättigungsintensität bei der Beobachtungstemperatur T gleich sein kann. Um diese Sättigungsintensität in Funktion der Temperatur zu erhalten, muss in sehr starken Feldern gearbeitet werden, denn sonst ist die Intensität der Magnetisierung in allen Strukturelementen des untersuchten Körpers nicht parallel. Die dabei gefundene Temperatur des Umwandlungspunktes entspricht aber nicht der Temperatur beim Verluste des spontanen Ferromagnetismus für ein äusseres Feld $H = 0$, denn die vorliegenden Experimente zeigen, dass diese Umwandlungstemperatur mit abnehmendem äusseren Feld auch abnimmt.

Ist nun die Abhängigkeit der Temperatur des Umwandlungspunktes mit der Feldstärke bekannt, so kann die richtige Temperatur beim Verluste des spontanen Ferromagnetismus für ein äusseres Feld $H = 0$ gefunden werden und es handelt sich nur noch darum, den wahren Verlauf der Magnetisierungs-Intensität in Funktion der Temperatur in der Nähe des richtigen Umwandlungspunktes zu finden.

[1]) P. Weiss: loc. cit.

[2]) Langevin: Ann. Chim. Phys. 1905, t. V, 8e sér., p. 70. — S. auch W. Voigt: Ann. d. Physik 1902, 9, S. 115. — J. J. Thomson: Phil. Mag. 1903, t. VI., p. 673.

Diese einem äusseren Felde $H = 0$ entsprechende Kurve $I = f(t)$ wird sich mit den bisher als richtig angesehenen Kurven in den niederen Temperaturen decken und in den höheren Temperaturen von diesen lostrennen und die Temperaturachse früher, nämlich im wahren Umwandlungspunkte schneiden.

25. Abhängigkeit der Umwandlungstemperatur von der Feldstärke.

In Fig. 10 unten sind die Temperaturen der Umwandlungspunkte in Funktion des Feldes aufgetragen. Nach Mitteilung von P. Weiss zeigt sich empirisch ein parabolischer Zusammenhang, der aus dem Bilde rechts oben, wo die Temperaturen in Funktion von $\sqrt{H}$ aufge-

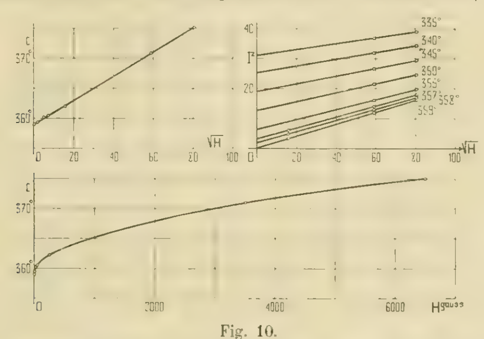


Fig. 10.

Parabolischer Zusammenhang der Umwandlungstemperatur Θ mit dem magnetischen Felde H (unten und links oben). — Ermittlung der Magnetisierungs-Intensitäten I für ein ausseres Feld $H = 0$ bei verschiedenen Temperaturen in der Nähe des Umwandlungspunktes (r. oben).

tragen sind, deutlich zu erkennen ist. Der Schnitt der Geraden mit der Achse $\sqrt{H} = 0$ gibt bei 359° C. den Scheitel der Parabel und die Temperatur des Umwandlungspunktes für ein äusseres Feld $H = 0$.

Die Temperatur $\Theta°$ C. des Umwandlungspunktes ist somit direkt proportional mit der Quadratwurzel aus der Feldstärke $\sqrt{H}$; der Zusammenhang ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$\Theta° \text{ C.} = 359 + 0{,}1984 \sqrt{H}. \qquad \text{(II)}$$

0,1984 ist zugleich die Tangente des Neigungswinkels der Geraden $\Theta = f(\sqrt{H})$ (Fig. 10 links oben).

26. Konstruktion der Kurve $I = f(t)$ für ein äusseres Feld $H = 0$.

Für die Konstruktion des wahren Verlaufes der Sättigungs-Intensitätskurve konnten Angaben von P. Weiss benützt werden, der

in seinen noch nicht veröffentlichten Untersuchungen einen empirischen Zusammenhang zwischen I und H fand, darin bestehend, dass für konstante Temperaturen in Nähe des Umwandlungspunktes das Quadrat der Magnetisierungs-Intensität I^2 proportional mit der Quadratwurzel aus der Feldstärke $\sqrt{H}$ zunimmt.

Die zu bestimmten Temperaturen gehörenden Werte der verschiedenen I^2-Kurven sind nun in Funktion von $\sqrt{H}$ aufgetragen. Die Verbindungen der so erhaltenen Punkte geben infolge der Pro-

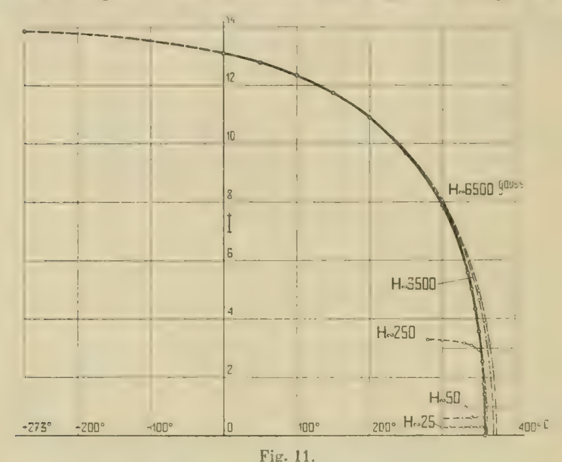


Fig. 11.

Die Magnetisierungs-Intensität I für ein äusseres magnetisches Feld $H = 0$ in Funktion der Temperatur. (Wahrer Verlauf der Sättigungs-Intensitätskurve).

portionalität Gerade, deren Schnittpunkt mit der Achse $\sqrt{H} = 0$ die I^2-Werte für das Feld $H = 0$ geben (Fig. 10 rechts oben).

Für die Umwandlungstemperatur $t = 359°$ geht diese Gerade durch Null, wodurch die Temperatur beim Verlust des spontanen Ferromagnetismus für das äussere Feld $H = 0$ wiedergefunden wird.

Da die Kurven der Magnetisierungs-Intensitäten in Funktion der Temperatur in nächster Nähe des Umwandlungspunktes angenähert einen parabolischen Verlauf haben, die I^2-Kurven somit geradlinig sind, so erstreckt sich die Proportionalität von I^2 und $\sqrt{H}$ zunächst auf das Bereich der geradlinigen Stücke der I^2-Kurven.[1]) Diese geradlinigen Teile zeigen einen nach aufwärts nur schwach konver-

[1]) Es kommen nur starke Felder in Betracht, da nur bei diesen der geradlinige Teil genügend lang ist, um benützt werden zu können.

gierenden Verlauf. Die beiden Tatsachen haben somit mit genügender Genauigkeit nebeneinander Berechtigung: Die Proportionalität von I^2 und $\sqrt{H}$ für verschiedene Temperaturen in Nähe des Umwandlungspunktes und der Zusammenhang der Temperatur Θ des Umwandlungspunktes mit der Quadratwurzel aus der Feldstärke $\sqrt{H}$.

Aus den in Fig. 10 rechts oben durch Extrapolation gefundenen I^2-Werten lassen sich nun die Magnetisierungs-Intensitäten I für ein äusseres Feld $H = 0$ berechnen: sie geben in Funktion von der Temperatur aufgetragen den wahren Verlauf der Magnetisierungs-Intensität für ein äusseres Feld $H = 0$ (Fig. 11).

Nachfolgend eine Zusammenstellung der Werte aus Fig. 10 rechts oben:

	H C.G.S. =				
t° C.	6500	3500	250	0	
	I^2	I^2	I^2	I_0^2	I_0
335°	39,0	36,8		31,0	$5{,}56_7$
340	34,4	32,0	-	25,25	$5{,}02_7$
345	29,4	26,6	—	19,0	$4{,}35_8$
350	24,67	21,5	—	12,66	$3{,}55_8$
355	19,8	16,2	--	6,4	$2{,}54_8$
357	18,0	14,1	6,2	3,25	$1{,}80_2$
358	17,1	13.0	4,9	2,0	$1{,}41_5$
359	16,2	12,0	3,56	0,0	0,0

27. Zusammenhang der Grössen a und b mit der Magnetisierungs-Intensität I.

Die im ersten Teil der Arbeit gefundenen Werte der anfänglichen Suszeptibilität a und der anfänglichen Neigung b der einzelnen Suszeptibilitätskurven wurden in Funktion der für ein äusseres Feld $H = 0$ gefundenen Magnetisierungs-Intensität I[1] aufgetragen. Der Zusammenhang ist aus Fig. 12 ersichtlich und gibt eine einfache Beziehung zwischen der anfänglichen Neigung b und der Magnetisierungs-Intensität I in Form einer gleichseitigen Hyperbel. Die vertikale Achse der Hyperbel fällt mit der Achse $I = 0$ zusammen, die horizontale liegt 2,18 Einheiten unter der Achse $b = 0$. Ihre Lage wird durch den Schnittpunkt der Geraden b_r, welche die Werte b in Funktion der reziproken Werte der Magnetisierungs-Intensität $\frac{1}{I}$ darstellt, mit der Achse $I = 0$ gefunden. Diese Gerade zeigt zugleich den

[1]) I in willkürlichen Einheiten.

hyperbolischen Zusammenhang zwischen b und I, welcher durch folgende Gleichung ausgedrückt wird

$$(b + 2{,}18)\, I[1]) = 30{,}214. \tag{III}$$

Daraus folgt

$$b = 30{,}214 \, \frac{1}{I} - 2{,}18. \tag{III a}$$

30,214 gibt zugleich die Tangente des Neigungswinkels der Geraden b_r an.

Die Gerade b_r schneidet die Achse $b = 0$ in der Abszisse $\frac{1}{I} = 0{,}07215$; die anfängliche Neigung b wird somit bei der Magnetisierungs-Inten-

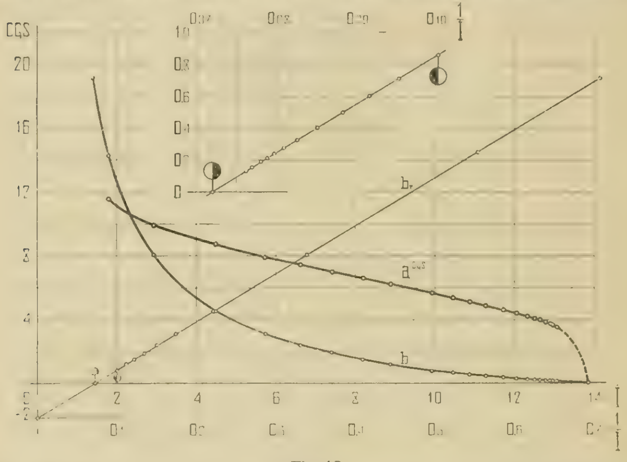


Fig. 12.

Die anfängliche Suszeptibilität a und die anfängliche Neigung b der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$ in Funktion der Magnetisierungs-Intensität I. — Hyperbolischer Zusammenhang der anfänglichen Neigung b mit der Magnetisierungs-Intensität I.

sität $I = 13{,}860$[1]) Null. Da die anfängliche Suszeptibilität a mit b durch die Gleichung

$$b = \frac{a^4}{1225} \tag{I}$$

zusammenhängt, so wird auch a bei der gleichen Magnetisierungs-Intensität $I = 13{,}860$ Null.

Es ist naheliegend, 13,860 als die Magnetisierungs-Intensität im absoluten Nullpunkt anzusehen. In Fig. 11 ist auch dieser Wert bei $-273°$ C. eingetragen; er gibt einen stetigen Verlauf der Kurve $I = f(t)$.

[1]) I in willkürlichen Einheiten.

Folgende Angabe aus den Untersuchungen von P. Weiss und Kamerlingh Onnes[1]) mit chemisch-reinem Nickel in sehr tiefen Temperaturen konnte noch zum Vergleich herangezogen werden. Beide Forscher fanden für die Magnetisierungs-Intensitäten bei 17° C. und 20° absolut ein Verhältnis

$$\frac{I_{17^\circ \mathrm{C.}}}{I_{20^\circ \mathrm{abs.}}} = \frac{1}{1{,}0548}.$$

Die entsprechenden Werte aus der in Fig. 11 dargestellten Kurve $I = f(t)$ geben ein Verhältnis

$$\frac{I_{17^\circ \mathrm{C.}}}{I_{20^\circ \mathrm{abs.}}} = \frac{1}{1{,}0634},$$

welches bis auf 8,1 ‰ mit dem von P. Weiss und Kamerlingh Onnes angegebenen übereinstimmt. In Anbetracht der Verschiedenheit der untersuchten Nickel und der angewandten Methoden kann die Übereinstimmung als genügend bezeichnet werden.

$I_0 = 13{,}860$ entspricht somit wirklich der Magnetisierungs-Intensität für den absoluten Nullpunkt, bei welcher die anfängliche Neigung b der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$ und die anfängliche Suszeptibilität a Null werden.

Beide Werte wachsen mit abnehmender Intensität der Magnetisierung und zeigen einen ähnlichen Verlauf wie in Fig. 5. Die auf Seite 520 erwähnte Unstetigkeit der anfänglichen Suszeptibilität a bei 358° tritt auch hier bei der dieser Temperatur entsprechenden Magnetisierungs-Intensität $I = 1{,}415$ auf. Infolge des dort erwähnten Zusammenhanges der anfänglichen Suszeptibilität a mit der anfänglichen Neigung b der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$ wird a gleichfalls wie b weitersteigen und beide Kurven werden erst im Moment, wenn der Umwandlungspunkt ($I = 0$) erreicht ist, auf kleine Werte abfallen.

Die Resultate des ersten Teils dieser Arbeit sind auf Seite 523 angegeben und auf Seite 537 wieder erwähnt.

Die im zweiten Teil beschriebenen Untersuchungen führten zu nachstehenden Resultaten:

Die Verschiebung der Umwandlungstemperatur des untersuchten Nickels ist proportional der Quadratwurzel aus der Feldstärke (II).

Sowohl die anfängliche Suszeptibilität als auch die anfängliche Neigung der Suszeptibilitätskurven in Funktion der Feldstärke werden erst im absoluten Nullpunkt gleich Null.

[1]) Acad. Amsterdam, Febr. 1910.

Die anfängliche Neigung der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$ ist bis auf eine durch den vorhergehenden Satz bestimmte subtraktive Konstante proportional mit dem reziproken Werte der Magnetisierungs-Intensität (III).

Der Zusammenhang der anfänglichen Suszeptibilität mit der Magnetisierungs-Intensität ergibt sich aus der im ersten Teil angegebenen einfachen Beziehung der anfänglichen Suszeptibilität zu der anfänglichen Neigung der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$ und der

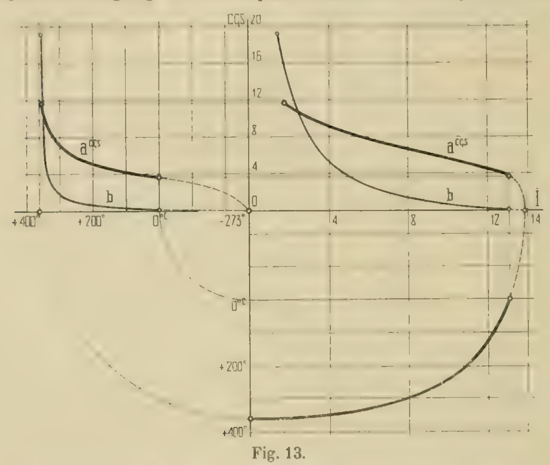


Fig. 13.

Zusammenhang der anfänglichen Suszeptibilität a und der anfänglichen Neigung b der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$ mit der Temperatur t und der Magnetisierungs-Intensität I.

letzteren zur Magnetisierungs-Intensität; er findet seinen Ausdruck in der Gleichung

$$a = \sqrt[4]{1225 \times 2{,}18}\,\sqrt[4]{\frac{I_0}{I} - 1}, \tag{IV}$$

worin 1225 die Konstante aus der Gleichung (I) (Seite 523), 2,18 die Konstante aus der Gleichung (III) (Seite 538) und I_0 die Magnetisierungs-Intensität für den absoluten Nullpunkt bedeuten.

Es ist somit

$$a = 7{,}188\,\sqrt[4]{\frac{I_0}{I} - 1}. \tag{IV a}$$

Einen übersichtlichen Zusammenhang der anfänglichen Suszeptibilität, der Neigung der Suszeptibilitätskurven $k = f(H)$, der Magnetisierungs-Intensität und der Temperatur zeigt noch die Schlussfigur 13.

Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte.

Von

FERDINAND RUDIO und CARL SCHRÖTER.

29. Die Eulerausgabe (Fortsetzung[1]).

Im Anschluss an unsern letztjährigen Bericht geben wir zunächst den Bericht der Eulerkommission für das Jahr 1909/10 wieder, wie er am 5. September 1910 der 93. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Basel vorgelegt worden ist. Er lautet:

Bericht der Eulerkommission für das Jahr 1909/10.

Um die Beschlüsse der Gesellschaft vom 6. September 1909 auszuführen, versammelte sich die Kommission am 19. Dezember in Bern; vom Zentralkomitee nahmen die Herren Dr. Fritz Sarasin und Dr. P. Chappuis an der Sitzung teil.

Die Kommission konstituierte sich und bestellte ihre Organe wie folgt:

Herr Professor Rudio übernimmt als Präsident des Redaktionskomitees die wissenschaftliche Leitung des ganzen Unternehmens. Als Mitredakteure stehen ihm zur Seite die Herren Geheimräte A. Krazer und P. Stäckel, Professoren an der technischen Hochschule in Karlsruhe.

Zum Präsidenten der Eulerkommission wird der Unterzeichnete gewählt, zum Schriftführer Herr Professor R. Fueter, zum Mitglied an Stelle von Herrn Professor Geiser Herr Professor Dr. Heinrich Ganter in Aarau.

Zur Besorgung der Finanzen wird ein Schatzmeister und ein Finanzausschuss von drei Mitgliedern bestellt: zum Schatzmeister wird gewählt Herr Eduard His-Schlumberger in Firma Ehinger & Co.,

---

[1]) Siehe die Notizen Nr. 26 (1909), 24 (1908) und 22 (1907).

Basel, zum dritten Mitglied des Finanzausschusses neben dem Präsidenten und dem Schatzmeister Herr Dr. P. Chappuis.

Auf Antrag von Herrn Professor Rudio wird die Firma B. G. Teubner in Leipzig mit dem Druck und Verlag des Werkes betraut.

Die Reglemente für die Eulerkommission, für das Redaktionskomitee und für den Finanzausschuss werden beraten und genehmigt, desgleichen der Vertragsentwurf für die Mitarbeiter.[1])

Im Januar 1910 wurde mit dem Einzug der Beiträge begonnen; dank der eifrigen Tätigkeit unsres Schatzmeisters waren die gezeichneten Beträge Ende März bis auf wenige hundert Franken eingegangen. Mit den gezeichneten Beiträgen (Fr. 135400.—) und den subskribierten Exemplaren, deren Zahl heute 350 beträgt, war das grosse Werk finanziell gesichert. Dieser beispiellose Erfolg ist dem unermüdlichen Eifer des Herrn Professors Rudio zu verdanken, der die weitesten Kreise zur Beteiligung angeregt hat.

Ende Januar hat das Zentralkomitee im Namen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft den Vertrag mit der Firma G. B. Teubner in Leipzig abgeschlossen, desgleichen den Vertrag mit dem Generalredaktor, Herrn Professor Dr. Rudio. Die Kommission hat damit die Überzeugung gewonnen, dass das Werk den besten Händen anvertraut ist.

Weiter sind Verhandlungen geführt worden, um die verschiedenen Bildnisse Eulers in der Ausgabe zu reproduzieren. Hiezu hat die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Petersburg zwei Stahlplatten zur Verfügung gestellt, die von früheren Ausgaben Eulerscher Werke herrühren; wir statten für diese sehr wertvolle Unterstützung den verbindlichsten Dank ab.

Über die Tätigkeit der Redaktion berichtet Herr Professor Rudio:

Nachdem am 19. Dezember 1909 das Redaktionskomitee aus den Herren F. Rudio-Zürich, als Generalredaktor, A. Krazer-Karlsruhe und P. Stäckel-Karlsruhe bestellt worden war, machte sich dieses zunächst daran, einen Redaktionsplan für die Euler-Ausgabe auszuarbeiten. Nach mehreren Umarbeitungen, bei denen das Komitee durch eine Reihe von Kollegen, insbesondere die Herren Eneström und Engel, unterstützt worden war, liegt der Plan jetzt deutsch[2]) und französisch vor.

Besondere Aufmerksamkeit widmete das Komitee sodann einer genauen Revision des Stäckelschen Entwurfes einer Eintei-

[1]) Die drei Reglemente sind am Schlusse dieses Berichtes abgedruckt.

[2]) Abgedruckt im Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung (19. Band, 5. Heft).

lung der sämtlichen Werke Eulers. Diese Arbeit ist jetzt ebenfalls abgeschlossen und zwar in zwei Nummern, die im Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung erschienen ist.

Hand in Hand mit dieser Arbeit ging die Vervollständigung der Liste der Herausgeber. Auch dieses Geschäft ist erledigt, und das Komitee ist in der angenehmen Lage, für jeden Band einen oder mehrere Herausgeber gewonnen zu haben. Die Herausgeber verteilen sich auf Deutschland, England, Frankreich, Italien, Österreich, Russland, Schweden und die Schweiz; ihre Gesamtzahl ist 37.[1])

Nach Art. 27 des Redaktionsplanes übernimmt das Redaktionskomitee die Verteilung des gesamten Materiales in die einzelnen Bände und übergibt jedem Herausgeber seinen Band fix und fertig zusammengestellt. Zu diesem Zweck hat die Redaktion die erforderlichen Serien der Berliner, Pariser und Petersburger Akademieschriften antiquarisch aufgekauft. Von der Erwerbung der selbständig erschienenen Werke Eulers konnte sie absehen, da ihr diese, mit vielen andern Schriften Eulers, von einem deutschen Kollegen, der nicht genannt sein will, in hochherzigster Weise geschenkt worden waren. Zu grossem Danke ist die Redaktion auch der Petersburger Akademie verpflichtet, die ihr das aus 17 umfangreichen Bänden bestehende Fusssche Exemplar der Eulerschen Schriften zur Verfügung gestellt hat. Das wertvolle Exemplar befindet sich mit den andern genannten Schriften Eulers in einem besonderen Raume der Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums, wo die Verteilung in die Bände der neuen Ausgabe vorgenommen wird. Diese nicht ganz einfache Arbeit hat bereits begonnen, sie wird aber noch einige Monate in Anspruch nehmen.

Bieten naturgemäss die Abhandlungsbände grössere Schwierigkeiten, so konnte die Redaktion die Herausgabe einiger selbständig erschienener Werke doch schon energisch an die Hand nehmen. Mit

[1]) Es sind die Herren O. Backlund-St. Petersburg, J. Bauschinger-Strassburg, E. Bernoulli-Zürich, R. Bernoulli-Köln-Lindenthal, K. Böhm-Heidelberg, H. Burkhardt-München, C. V. L. Charlier-Lund, E. Cherbuliez-Zürich, F. Cohn-Berlin, L. G. Du Pasquier-Zürich, W. v. Dyck-München, G. Eneström-Stockholm, F. Engel-Greifswald, G. Faber-Stuttgart, R. Gans-Tübingen-A. Gutzmer-Halle a. S., J. Hadamard-Paris, K. Heun-Karlsruhe, E. Hoppe-Hamburg, G. Kowalewski-Prag, A. Krazer-Karlsruhe, A. Lalive-La Chaux-de-Fonds, H. Lamb-Manchester, T. Levi-Civita-Padua, A. Liapounoff-St-Petersburg, R. v. Lilienthal-Münster i. Westf., H. Linsenbarth-Berlin, A. Markoff-St. Petersburg, K. Matter-Frauenfeld, F. Rudio-Zürich, F. R. Scherrer-Küsnacht-Zürich, L. Schlesinger-Klausenburg, P. Stäckel-Karlsruhe, H. Timerding-Braunschweig, E. Vessiot-Lyon, A. Voss-München, H. Weber-Strassburg.

neun Herausgebern hat sie bereits die Verträge abgeschlossen. Diese Herausgeber sind also im Besitze ihres Materiales und haben ihre Arbeit begonnen. Drei Werke: die Algebra, herausgegeben von H. Weber, die Mechanica, herausgegeben von P. Stäckel und die Dioptrica, herausgegeben von E. Cherbuliez, sind soweit gediehen, dass die betreffenden Bearbeitungen in die Druckerei gegeben werden konnten. Die ersten Korrekturbogen liegen vor.

In dem Vertrage, den die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft mit der Firma B. G. Teubner in Leipzig abgeschlossen hatte, konnten natürlich nicht alle Einzelheiten, die sich auf die verschiedenen Schriftarten, die Anordnungen des Satzes und dergl. beziehen, festgelegt werden. Die Redaktion benutzte daher speziell die ersten Bogen der Algebra und der Mechanik, um diese Verhältnisse in einer dem monumentalen Charakter der Eulerausgabe angemessenen Weise zu ordnen. Sie hatte sich dabei der entgegenkommendsten Unterstützung von Seiten der Firma B. G. Teubner zu erfreuen, die nicht müde wurde, immer wieder neue Proben vorzulegen, bis endlich eine definitive Wahl getroffen werden konnte. Diese Arbeit, bei der die Redaktion auch noch von anderer Seite her in verdankenswerter Weise unterstützt wurde, hat verhältnismässig viel Zeit und Mühe beansprucht. Da es sich aber um grundsätzliche Fragen handelte, die für die ganze Ausgabe von Bedeutung sind, so durfte nichts überstürzt werden. Jetzt, da diese Fragen geordnet sind, wird der Druck auch vorwärtsschreiten können, und es ist zu erwarten, dass die drei genannten Bände mit Schluss des Jahres fertig vorliegen werden.

Die Rechnung über den Eulerfonds ist vom Schatzmeister auf den 15. Juni 1910 abgeschlossen worden. Demnach sind alle Beiträge eingegangen, bis auf zwei, die nicht erhältlich waren, zusammen Fr. 45.—.

An freiwilligen Beiträgen gingen ein

Fr. 76,115.50 aus der Schweiz (wovon Fr. 17,121.— Ratenzahlungen sind).

Fr. 21,028.84 aus dem Ausland (wovon Fr. 4043.70 Ratenzahlungen sind).

Zus. Fr. 97,144.34.

Ferner gingen an Vorausbezahlungen auf subskribierte Bände

Fr. 7,825.— seitens des „Comité Roumain" in Bukarest,

„ 5,375.— seitens der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien,

Zus. Fr. 13,200.— ein, die einem besondern Konto „Vorausbezahlte Subskriptionen" gutgeschrieben sind.

Von den Geldern wurde der grösste Teil in soliden, teilweise kurzfälligen 4 % igen Obligationen von Kantonal- und Hypothekenbanken angelegt.

Euler-Fonds. Bilanz per 15. Juni 1910.

	Soll Fr.	Haben Fr.
Beiträge-Konto, Schweiz		76,115.50
Beiträge-Konto, Ausland		21,028.84
Ehinger & Co., Basel	3,233.44	
Zürcher Kantonalbank, Zürich	5,485.65	
Post-Check-Giro-Konto, V 765 . . .	103.35	
Vorausbezahlte Subskriptionen		13,200.—
Zinsen-Konto		407.90
Unkosten-Konto	5,929.80	
Anlagen in 4% Obligationen	96,000.—	
	110,752.24	110,752.24

Die Rechnung wurde am 4. Juli 1910 von den Herren Professoren R. Fueter und O. Spiess eingesehen und richtig befunden.

Basel, im Juli 1910. Der Präsident:
K. VonderMühll.

Wir lassen nunmehr den Wortlaut der bereits erwähnten drei Reglemente folgen:

I. Eulerkommission.

1. In Ausführung der Beschlüsse, welche die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft an ihrer Jahresversammlung zu Lausanne am 6. September 1909 gefasst hat, wählt die Eulerkommission für die Durchführung der Herausgabe der Werke Leonhard Eulers ein Redaktionskomitee und einen Finanzausschuss. Diese Wahlen unterliegen der Bestätigung durch das Zentralkomitee, welches auch den Präsidenten des Redaktionskomitees bezeichnet.

2. Die Rechte und Pflichten dieser beiden Organe sind in besonderen Reglementen festzulegen.

3. Die Eulerkommission wählt Druckerei und Verleger für die Herausgabe der Werke Leonhard Eulers. Auch diese Wahl unterliegt der Bestätigung durch das Zentralkomitee, welches im Namen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft den Vertrag mit der Druckerei und dem Verleger abschliesst.

4. Die Eulerkommission setzt die generelle Fassung der Verträge mit den wissenschaftlichen Mitarbeitern fest und bestimmt die Höhe der Redaktionshonorare. Als untere Grenze sind hierfür Fr. 60 pro Bogen (8 Seiten) anzusetzen. Bei einer Ueberschreitung von über 25 % dieses Ansatzes ist die Genehmigung des Zentralkomitees einzuholen.

5. Die Eulerkommission sorgt für ununterbrochenen und beförderlichen Fortgang des Unternehmens und bestimmt auf Antrag des Redaktionskomitees die Höhe der Auflage für die einzelnen Bände und den Ladenpreis.

6. Die Eulerkommission ernennt jährlich zwei Rechnungsrevisoren zur Prüfung der Finanzen und erstattet jeweilen auf den 30. Juni der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft einen Bericht über den Stand des Unternehmens, wofür ihr das Redaktionskomitee und der Finanzausschuss die nötigen Unterlagen auf den 15. Juni einzuliefern haben.

7. Zu sämtlichen Sitzungen der Eulerkommission ist das Zentralkomitee der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft einzuladen, einen Vertreter abzuordnen.

II. Redaktionskomitee.

1. Das Redaktionskomitee besteht aus drei vom Zentralkomitee auf Antrag der Eulerkommission gewählten Mitgliedern. Der Präsident wird vom Zentralkomitee bezeichnet. Bei eintretendem Bedürfnis kann die Zahl der Mitglieder erhöht werden.

2. Die Mitglieder des Redaktionskomitees brauchen, mit Ausnahme des Präsidenten, nicht der Eulerkommission anzugehören. Die Präsidentschaften von Eulerkommission und Redaktionskomitee sind zu trennen.

3. Das Redaktionskomitee hat alle Arbeiten, welche für die Herausgabe der Eulerschen Werke notwendig sind, durchzuführen, das gesamte Material zu sammeln und zu sichten und auf Grund besonderer Verträge die wissenschaftlichen Mitarbeiter zu gewinnen, welche die Herausgabe der einzelnen Bände besorgen. Diese Verträge unterliegen in ihrer generellen Fassung der Genehmigung der Eulerkommission. Die Namen der gewonnenen Mitarbeiter, ebenso wie jede etwa eintretende Personalveränderung sind dem Präsidenten der Eulerkommission zu Handen seiner Kommission bekannt zu geben. Bei allfälligen Differenzen zwischen dem Redaktionskomitee und den Mitarbeitern entscheidet die Eulerkommission.

4. Das Redaktionskomitee hat ein Programm (Anweisung für die Anordnung und Behandlung der Titel, der Anmerkungen, der Satzart usw.) auszuarbeiten, in welchem die Grundsätze und die Redaktionsvorschriften zusammengestellt sind, nach denen die Bearbeitung der einzelnen Bände erfolgen soll.

5. Die Druckbogen sind vom Präsidenten und einem weitern Mitgliede des Redaktionskomitees durchzusehen; der Präsident erteilt das „Imprimatur".

6. Der Vorsitzende des Redaktionskomitees gilt der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft gegenüber als der verantwortliche Generalredaktor des ganzen Unternehmens. Seine Kompetenzen und Pflichten werden durch einen besonderen Vertrag geregelt, den die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft unter Mitteilung an die Eulerkommission mit ihm abschliesst.

7. Das Redaktionskomitee erhält für seine Mühewaltung die Hälfte des per Bogen festgesetzten Redaktionshonorars; an dieser partizipieren der Generalredaktor einerseits und die übrigen an der Redaktion des Bogens beteiligten Mitglieder zusammen anderseits je mit einer Hälfte. Aus der zweiten Hälfte des Redaktionshonorars werden die Mitarbeiter entschädigt.

8. Für notwendige Auslagen, wie Anschaffungen Eulerscher Werke, Zirkulare, Schreibarbeiten, Reisen (Fahrpreisentschädigung), Porti etc. wird dem Redaktionskomitee ein Kredit eröffnet. Die Rechnungen sind durch die Präsidenten des Redaktionskomitees und der Eulerkommission zu visieren und an den Schatzmeister weiterzuleiten.

9. Das Redaktionskomitee erstattet alljährlich auf den 15. Juni der Eulerkommission Bericht über den Fortgang der Arbeiten.

III. Finanzausschuss.

1. Der Finanzausschuss besteht aus dem Präsidenten der Eulerkommission, einem Schatzmeister und einem weiteren Mitgliede; die beiden letzteren werden vom Zentralkomitee auf Vorschlag der Eulerkommission gewählt.

2. Der Schatzmeister kann an den Sitzungen der Eulerkommission mit Stimmberechtigung teilnehmen.

3. Der Finanzausschuss hat alle mit der Herausgabe der Eulerschen Werke verbundenen finanziellen Angelegenheiten zu besorgen, die Einziehung der gezeichneten Beiträge und die Verwaltung des Eulerfonds.

4. Die vom Schatzmeister zu leistenden Auszahlungen erfolgen nur auf Grund von Rechnungen, welche von den Präsidenten der Eulerkommission und des Redaktionskomitees visiert sind.

5. Der Schatzmeister erstattet jährlich auf den 15. Juni an den Finanzausschuss zu Handen der Eulerkommission einen Bericht über den Stand des Vermögens und gewährt zwei von dieser letztern ernannten Revisoren Einsicht in die Bücher und Titel.

6. Die Verwaltungskosten des Schatzmeisters werden auf Rechnung des Eulerfonds vergütet.

Wir sind in der angenehmen Lage, den vorstehenden Mitteilungen noch einige wichtige Ergänzungen beizufügen. Aus den früheren Nummern unserer „Notizen" ist erinnerlich, welch lebhaftes Interesse der Eulerausgabe von der Internationalen Assoziation der Akademien entgegengebracht worden ist. Bei Gelegenheit ihrer diesjährigen Tagung in Rom (Mai 1910) hat nun die Assoziation zwei für die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft bedeutungsvolle Beschlüsse gefasst. Erstens hat sie diese Gesellschaft als Mitglied der Assoziation aufgenommen und zweitens hat sie den von der Gesellschaft in bezug auf die Eulerausgabe gefassten Beschlüssen die folgende Resolution gewidmet:

„L'Association internationale des Académies approuve les dispositions prises par la Société Helvétique des Sciences Naturelles, relativement aux Oeuvres d'Euler, particulièrement en ce qui concerne la publication de chacun des mémoires dans la langue originale. Elle adresse à cette Société ses félicitations et tous ses souhaits pour le succès définitif de cette grande entreprise."

Im Laufe des Berichtsjahres ist sodann die erste Lieferung von Eneströms Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers[1]) erschienen, ein Werk, das wir schon in Nr. 24 (1908) unserer „Notizen" angekündigt hatten. Die vorliegende Lieferung umfasst auf 208 Seiten „die Schriften Eulers chronologisch nach den Druckjahren geordnet".

[1]) Leipzig, bei B. G. Teubner, 1910.

Die zweite Lieferung, die hoffentlich recht bald erscheinen wird, soll auf etwa 10 Druckbogen enthalten: Ein Verzeichnis der Schriften J. A. Eulers (die alle in die Eulerausgabe aufgenommen werden sollen), ein Verzeichnis der Schriften L. Eulers nach der Abfassungszeit geordnet, ein Verzeichnis der Schriften L. Eulers nach dem Inhalt geordnet, sodann ein ausführliches Register und endlich die Einleitung. Ohne Übertreibung darf gesagt werden, dass schon das, was uns Eneström in der vorliegenden ersten Lieferung geboten hat, eine unentbehrliche Grundlage für die ganze Eulerausgabe darstellt.[1])

Und eine weitere unentbehrliche Grundlage ist dem Redaktionskomitee am Schlusse des Jahres von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg geliefert worden, die so vieles schon für die Eulerausgabe getan hat. Zur Ausführung der Beschlüsse, die die Akademie in ihren Sitzungen vom 24. April und 13. Mai 1909 auf Veranlassung der Herren Backlund und Sonin gefasst hatte, war, wie wir schon früher berichten konnten, eine besondere Eulerkommission gewählt worden, mit der Aufgabe, das in den Archiven der Akademie befindliche handschriftliche Material zu ordnen. Die Kommission hat nun diese Arbeit durchgeführt und ein genaues Verzeichnis aller in der Petersburger Akademie befindlichen Eulermanuskripte angefertigt. Das im Druck erschienene Verzeichnis umfasst auf 13 Quartseiten 209 Nummern, darunter namentlich wertvolle Briefsammlungen und vieles andere, was noch nicht veröffentlicht ist. Aber noch mehr: Die Akademie hat dieses ganze kostbare Material in liberalster Weise der Eulerredaktion zur Verfügung gestellt und alles — sieben Kisten — nach Zürich geschickt. Über den Inhalt der wertvollen Sendung und über die wissenschaftliche Verarbeitung werden wir wohl in der nächsten Nummer Bericht erstatten können.

Zu grossem Danke ist das Redaktionskomitee auch noch der Royal Society verpflichtet. Auf Veranlassung von Herrn Larmor hat diese die in ihrem Besitze befindlichen Briefe Eulers kopieren lassen und die Kopien der Eulerredaktion zugestellt.

So darf sich die Redaktion wohl der Hoffnung hingeben, dass sie auch durch die andern gelehrten Gesellschaften und überhaupt durch alle, die im Besitze von Eulermanuskripten sind, in die Lage versetzt werde, das vorhandene handschriftliche Material für die Eulerausgabe nutzbar zu machen.

[1]) Wir verweisen im übrigen auf die Besprechung, die soeben Friedrich Engel in der Deutschen Literaturzeitung (11. Februar 1911) dem trefflichen Werke gewidmet hat.

30. Zwei zürcherische Sachkataloge.

Unter diesem Titel hat Herr Dr. Hermann Escher in Nr. 25 der Neuen Zürcher Zeitung den beiden neuen Katalogen der Stadtbibliothek und des Polytechnikums eine Besprechung gewidmet, die wir mit gütiger Erlaubnis des Verfassers hier abdrucken, zugleich als Fortsetzung der dem zürcherischen Bibliothekwesen gewidmeten Nummern 3—5 (1901) unserer Notizen.

H. E. Die grosse Wandlung, die sich in den letzten Jahrzehnten im Betrieb der Wissenschaft eingestellt und ihn so intensiv gestaltet hat, ist nicht ohne Rückwirkung auf die wissenschaftliche Verwaltungstätigkeit im allgemeinen und auf die Aufgabe der Bibliotheken im besondern geblieben. Die Bibliothek von heute darf nicht mehr abwarten, bis der Benutzer zu ihr kommt. Sie muss ihm entgegengehen. Das zeigt sich u. a. in der Frage der Öffnungszeiten, die sich je länger desto mehr nach den Bedürfnissen der Benutzer zu richten haben. Das tritt aber auch in der Ausgestaltung der Kataloge zutage.

Abgesehen von den lediglich zu Verwaltungs-, d. h. Inventarzwecken angelegten sogenannten Standortskatalogen gibt es zwei Typen von Bibliothek-Katalogen: Den Alphabetischen Katalog und den Real- oder Sach-Katalog. Jener antwortet dem Benutzer auf die Frage: Sind bestimmte Bücher, deren ich bedarf und deren Titel oder wenigstens deren Verfasser ich kenne, in der Bibliothek vorhanden? Dieser gibt Auskunft auf die andere Frage: Welche Bücher über einen bestimmten Gegenstand oder aus einem bestimmten Gebiet, für den oder das ich mich interessiere, besitzt die Bibliothek? Setzt jener für die richtige Fragestellung gewisse spezielle Literaturkenntnisse voraus, so will dieser einem allgemeinern Wissensbedürfnis abhelfen, das sich die nötigen Literaturkenntnisse erst verschaffen muss. Man braucht dabei keineswegs nur an Benutzer zu denken, die der Wissenschaft ferner stehen. Auch der Fachmann, der in der Literatur seines eigenen Faches zu Hause ist, wird heutzutage oft genug in die Lage kommen, gelegentlich die Literatur ihm fremder oder entlegener Gebiete zu Rate zu ziehen und auf die Sachkataloge der Bibliotheken zu greifen.

Der Sachkatalog kann seiner Aufgabe auf zwei Wegen nachkommen. Er kann entweder als Fach- oder systematischer Katalog angelegt sein, der die Bücher einer Bibliothek nach einem der zahlreichen bibliographischen Systeme den verschiedenen Fächern oder Wissensgebieten zuweist und sie innerhalb dieser, soweit nötig, in absteigender Abstufung gliedert; oder er kann die Form des Schlagwort-Kataloges annehmen, indem er die Büchertitel nach Schlagworten, die sich aus den Titeln ergeben, zu kleinern, einander

koordinierten und alphabetisch geordneten Titelgruppen zusammenstellt. Welche der beiden Formen eine Bibliothek wählen soll, hängt von verschiedenen Gesichtspunkten ab. Je nachdem empfiehlt sich mehr die eine oder die andere. Beide haben ihre Vorzüge und ihre Nachteile. Wie so oft, kann es sich auch im vorliegenden Fall nicht darum handeln, hier oder dort eine ausschliessliche Berechtigung zu suchen. Die Hauptsache ist, dass die Form, zu der man sich entschliesst, zweckmässig und folgerichtig durchgebildet wird. Man mag aber die eine oder die andere Form wählen, so viel ist sicher, dass, einen Sachkatalog zu erstellen, zu den mühevollsten Arbeiten gehört, die einem Bibliothekar zufallen können.

Die beiden Typen eines Sachkataloges sind in der letzten Zeit an zwei zürcherischen Bibliotheken eingeführt worden: in der Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums der Fachkatalog, in der Stadtbibliothek der Schlagwortkatalog. Da im Gegensatz zu andern Ländern die Schweiz, wenigstens in den grössern Büchersammlungen, verhältnismässig wenig durchgeführte Sachkataloge besitzt, möge es gestattet sein, kurz über die beiden Arbeiten zu berichten.

* * *

Der Fachkatalog des Polytechnikums, der von Oberbibliothekar Prof. Dr. Ferd. Rudio 1905—1910 angelegt wurde, entspricht der organischen Gliederung, die die Schule im Laufe der Zeit angenommen hat, und schliesst sich zugleich im wesentlichen an die Einteilung an, nach der von Anfang an die Bücher in der Bibliothek aufgestellt wurden. Er teilt die in der Bibliothek vertretenen Wissenschaften in elf[1]) Abteilungen ein. Diese zerfallen ihrerseits in Gruppen, deren Zahl je nach dem Umfang der betreffenden Disziplin grösser oder geringer ist. Die Abteilungen „Forstwirtschaft" und „Landwirtschaft" z. B. zerfallen nur in sieben und acht Gruppen, die Abteilungen „Mathematische Wissenschaften" und „Beschreibende Naturwissenschaften" dagegen in 43 und 47 Gruppen. Eine weitere sachliche Gliederung findet nicht statt.

Der Katalog ist als Bandkatalog angelegt. Er besteht aus 24 handlichen, soliden Quartbänden von schönem, festem Papier. Schlägt man einen der Bände auf, so findet man auf der linken Seite die Titel der Bücher eingetragen, und zwar in der Form von aufgeklebten Titelausschnitten aus den gedruckten Katalogen. Die rechte Seite

(1) Entsprechend den elf Abteilungen unserer technischen Hochschule: 1. Architektenschule, 2. Ingenieurschule, 3. Maschineningeneurschule, 4. Chemische Schule, 5. Pharmazeutische Schule, 6. Forstschule, 7. Landwirtschaftliche Schule, 8. Abteilung für Fachlehrer in Mathematik und Physik, 9. Abteilung für Fachlehrer in Naturwissenschaften, 10. Militärschule, 11. Allgemeine Abteilung.

ist für Nachträge offen gelassen. Überdies sorgen auch Fälze zwischen den beklebten Blättern, an welche neue Blätter gehängt werden können, sowie leere Blätter am Schlusse einer jeden Gruppe für eine ausgiebige Erweiterungsfähigkeit des Kataloges. Jedem Band ist das gedruckte Schema vorgebunden, das über Anordnung und Inhalt der Abteilungen und Gruppen unterrichtet und zugleich in seinem Vorwort Aufschluss über Entstehung und Anlage des Kataloges gibt[1]).

Vorn in jeder Gruppe sind die Zeitschriften aufgeführt. Hieran schliessen sich die übrigen Titel in chronologischer Reihenfolge des Druckjahres. Von doppelter oder mehrfacher Anordnung solcher Titel, die in verschiedene Gruppen und Abteilungen einschlagen, sieht der Katalog ab. Werke, die z. B. sowohl Architektur als Ingenieurwesen, oder sowohl Forstwirtschaft als Landwirtschaft betreffen, sind nur an einer Stelle eingereiht. Der Verfasser des Kataloges wollte einen zu grossen Umfang und daraus erwachsende Unhandlichkeit vermeiden. Zudem wünschte er, da er selbst bei noch so häufiger Aufnahme eines Titels nicht alle berechtigten Wünsche zu befriedigen vermöge, den Benutzer nicht in falsche Sicherheit zu wiegen und den Katalog mehr versprechen als halten zu lassen.

Die Aufstellung ist derart, dass sie zu eindringendem Studium einladen soll. Die 24 Bände liegen aufgeschlagen auf niedrigen Pulttischen; vor jedem steht ein Stuhl, der zur ruhigen Durchsicht des Kataloges auffordert.

So hat der Oberbibliothekar des Polytechnikums ein Werk geschaffen, für das ihm alle Angehörigen der Anstalt lebhaften Dank wissen werden und das berufen ist, auf die geistige Förderung der Schule nachhaltig einzuwirken.

* * *

Einen andern Weg schlug die Stadtbibliothek ein, als in den Jahren 1899—1906 Prof. Wilh. von Wyss zuerst als zweiter Bibliothekar, nach seinem Austritt aus dem Bibliothekariate als spezieller Bearbeiter ihren Realkatalog schuf. Sie wählte mit Rücksicht auf ihre Benutzer und den Charakter ihrer Bestände die in Europa noch wenig verbreitete Form des Schlagwortkatalogs und legte ihn, um ihm eine unbeschränkte Erweiterungsfähigkeit zu geben, als Zettelkatalog an. Die den gedruckten alphabetischen Katalogen entnommenen Titelausschnitte sind auf Zetteln des internationalen Formats 12,5/7,5 Zentimeter aufgeklebt. Nach ihrem Inhalt sind diese Zettel zu Titelgruppen zusammengestellt, deren jede ein besonderes

[1]) Fachkatalog der Bibliothek des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich. Vorwort und Schema. Gross 4⁰.

Schlagwort trägt und die nach diesen Schlagworten alphabetisch geordnet sind. Der Umfang der Titelgruppen ist ungleich. Manche Schlagworte enthalten nur wenige Titel, andere, z. B. „Deutschland", „Schweiz", „Zürich" usw. mehrere Tausend. Im allgemeinen suchte man einen gewissen mittlern Umfang innezuhalten, indem sowohl allzu enge als auch allzu weite Schlagworte vermieden wurden. Zu enge hätten das Titelmaterial zersplittert, zu weite es unbeweglich und schwerfällig gemacht; in beiden Fällen wäre der Katalog unübersichtlich und unhandlich geworden. Nahm ein Schlagwort trotzdem grössern Umfang an, so wurde das Material in Unterschlagworte gegliedert. Enthielt ein Buchtitel mehrere Begriffe, die eine Berücksichtigung erforderten, z. B. „Über Musik und bildende Kunst" oder „Goethes Beziehungen zu Zürich", so wurde er unter jedem eingereiht. Doppelte oder auch mehrfache Einschaltung wurde in solchen Fällen als unerlässlich erachtet. Dafür trachtete man, den Katalog in anderer Weise zu entlasten. Neuauflagen oder Neuausgaben z. B. fanden nur indirekt Berücksichtigung.

Um bei der ganzen Anlage möglichst feste Masstäbe zu gewinnen und den Katalog bei der spätern Fortführung nicht dem subjektiven Ermessen der jeweilen damit betrauten Persönlichkeiten auszuliefern, wandelte der Bearbeiter, so oft er auf Grund sorgfältig zusammengestellten Materials grundsätzliche Entscheidungen zu treffen hatte, diese in feste Regeln um. Daraus entstand im Verlaufe eine Anleitung, die, verbunden mit einer Reihe allgemeiner Betrachtungen, im Drucke erschien.

Soll ein Schlagwortkatalog seinen Zweck erfüllen, so bedarf er, sobald es sich um andere als nur ganz kleine Bücherbestände handelt, der Ergänzung durch eine systematische Übersicht und Zusammenstellung der verwendeten Schlagworte. Er weist damit ein Bedürfnis auf, das in entsprechender Abänderung und in grössern Verhältnissen auch dem Fach- oder systematischen Katalog eigen ist. Beweis hiefür ist Deutschland, dessen Bibliotheken mit wenigen Ausnahmen von jeher der letztern Katalog-Art gehuldigt haben und wo sich in den letzten Zeiten manchenorts als nötig erwiesen hat, dem Fachkatalog ein Register in Schlagwortform an die Seite zu stellen. Ihrer systematischen Übersicht der verwendeten Schlagworte legte die Stadtbibliothek das sogenannte Dezimalsystem zugrunde. Dieses aus Amerika stammende bibliographische System teilt die ganze Literatur in zehn Klassen ein, jede Klasse in zehn Abteilungen, jede Abteilung in zehn Unterabteilungen usw. Zur Bezeichnung seiner Glieder benutzt es die Ziffern 0—9, indem es aus ihnen ein- oder mehrstellige Zahlen bildet, von denen die einstelligen für die Klassen,

die zweistelligen für die Abteilungen, die dreistelligen für die Unterabteilungen usw. verwendet werden. Dank dieser Einrichtung vermag es die Glieder irgend einer Stufe so knapp zu bezeichnen, wie kein anderes bibliographisches System. Darin liegt, trotz gewissen Einseitigkeiten, seine praktische Bedeutung. Nach diesem Dezimalsystem sind in der systematischen Übersicht alle im Katalog verwendeten Schlagworte zu Gruppen zusammengestellt, die dem Benutzer Aufschluss darüber erteilen, unter welchen verschiedenen Schlagworten er eventuell das Titelmaterial zu suchen hat, dessen er habhaft zu werden wünscht*).

* * *

So verschieden die beiden Kataloge in ihrer Anlage sind, ein Umstand hat für beide die Herstellung ungemein erleichtert und beschleunigt: der Umstand, dass die Titel sowohl der alten Bestände als des neuen Zuwachses in gedruckten Verzeichnissen vorliegen. Es ist nicht zu verkennen, dass der Druck dieses Zuwachses, wie er für die zürcherischen Bibliotheken in den „Zuwachsverzeichnissen der Bibliotheken in Zürich" erfolgt, einen nicht unerheblichen Aufwand erfordert. Aber zurzeit bietet er die einzige Gewähr für die jederzeitige gesicherte Nachführung sowohl der Kataloge der einzelnen Bibliotheken als auch des gemeinsamen zürcherischen Zentralkataloges. Seine Bedeutung wird erst recht zunehmen, wenn der projektierte schweizerische Gesamtkatalog ins Leben tritt; denn dessen Anlage und Fortführung hängt noch in viel höherm Masse als die der Bibliothekkataloge der einzelnen Städte von dem Vorhandensein gedruckter Titelausschnitte ab.

31. Nekrologe.

Friedrich Kohlrausch (1840—1910, Mitglied der Gesellschaft seit 1870, Ehrenmitglied seit 1883).

Wir geben hier den in den „Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen", Geschäftliche Mitteilungen, 1910, Heft 1, erschienenen, von Prof. Dr. E. Riecke verfassten Nachruf mit gütiger Erlaubnis des Verfassers wieder.

Am 18. Januar dieses Jahres ist Friedrich Kohlrausch unerwartet durch einen Herzschlag dahingerafft worden. Er hat unserer Gesellschaft seit 1867 als Assessor, seit 1879 als auswärtiges Mitglied angehört; ein Schüler Wilhelm Webers hat er hier sein erstes akademisches Lehramt verwaltet.

*) Nähere Aufschlüsse erteilen die beiden Publikationen: 1. Wilh. v. Wyss, Ueber den Schlagwortkatalog, mit Regeln für die Stadtbibliothek Zürich (Sammlung bibliothek-wissenschaftlicher Arbeiten, herausgegeben von K. Häbler, Heft 25). Leipzig, Haupt, 1909; 2. Alphabetisches Schlagwortverzeichnis mit Schema der systematischen Übersicht zum Schlagwort-Katalog der Stadtbibliothek Zürich. Selbstverlag (1909).

Manchem unter uns ist er persönlich näher getreten, und er selber hat Göttingen stets eine treue Anhänglichkeit bewahrt. Die Trauer um den Mann, der auf den Fortschritt unserer Wissenschaft einen so bedeutenden Einfluss geübt hat, wird vertieft durch den Schmerz über den Verlust des Menschen, der sich durch die Lauterkeit seines Charakters die Achtung aller gewonnen hat, die mit ihm in Berührung kamen. Der Aufforderung, heute zum Andenken an Friedrich Kohlrausch zu sprechen, bin ich um so lieber gefolgt, als ich damit dem Danke Ausdruck geben kann, den ich selber dem Verstorbenen schulde. In dem letzten Jahre seines Göttinger Aufenthaltes war ich sein Privatassistent; er stellte mir das Thema zu meiner ersten wissenschaftlichen Arbeit; er schlug mich bei seinem Abgange von Göttingen Wilhelm Weber zur Besetzung der freiwerdenden Assistentenstelle am physikalischen Institute vor, und ermöglichte mir dadurch den Eintritt in die akademische Laufbahn.

Wenn ich im folgenden den Versuch mache, die Stellung, welche Kohlrausch in der Entwicklung unserer Wissenschaft einnimmt, zu schildern, so möchte ich mich dabei auf einige allgemeinere Betrachtungen stützen; wollen Sie mir also zunächst eine gewisse Abschweifung von meiner Aufgabe gestatten.

Der Boden, aus dem die Physik erwächst, aus dem sie immer neues Leben schöpft, der sie trägt und begrenzt, wird gebildet durch die unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die sich in der uns umgebenden Welt von Körpern abspielen. Der Astronom beobachtet den Lauf der Sterne, die Bewegungen in der Atmosphäre der Sonne, der Geophysiker folgt dem Gange der Magnetnadel, er verzeichnet die leisesten Schwingungen der Erde; alles Erscheinungen, die sich ohne unser Zutun, ganz unabhängig von menschlichem Denken und Versuchen abspielen. Der Physiker aber greift mit bewusster Hand in den Gang der Erscheinungen ein; mit Hebeln und mit Schrauben ringt er der Natur Geheimnisse ab, die sie von selber nicht offenbart. Zu jenen Vorgängen, die sich ohne unser Zutun abspielen, hat er eine Fülle von Tatsachen gefügt, welche das eigene Werk der Wissenschaft sind. Die Physik ist eine experimentelle Wissenschaft; Tatsachen der Beobachtung bilden ihren unveräusserlichen und unveränderlichen Besitz. Aber schon wenn wir die Tatsachen beschreiben, fügen wir ihnen ein fremdes Element hinzu. Wir sprechen von Kräften, mit denen die Körper aufeinander wirken, von Arbeiten, die sie verrichten, von Arbeitsvorräten und Arbeitsfähigkeit in der Natur; man hat auf die Körperwelt die Vorstellungen der Anpassung an äussere Bedingungen, der Ermüdung übertragen, man hat von einem Gedächtnis der Materie gesprochen; Vorstellungen, die unserem eigenen Empfindungsleben entstammen, und die wir in willkürlicher Weise auf die unbeseelte Natur übertragen. Solange man sich mit vagen und willkürlichen Analogien begnügt, kann von einer wissenschaftlichen Physik nicht die Rede sein. Ihre Aufgabe ist es, die verwickelten Erscheinungen aufzulösen in ihre einfachen Elemente, für die Elementarerscheinungen aber Gesetze aufzustellen, so dass eine Vorhersage der Erscheinungen möglich wird, welche unter gegebenen Verhältnissen eintreten müssen, auch wenn jene Erscheinungen und jene Verhältnisse noch nie den Gegenstand einer Beobachtung gebildet haben. In diesem Sinne hat zuerst Galilei die Aufgabe der Physik gefasst; er machte keine Spekulationen darüber, warum die Körper fallen, sondern untersuchte, wie sie fallen, d. h. er suchte nach dem Zusammenhange zwischen den beiden Grössen, die bei der Fallbewegung den Gegenstand der Beobachtung bilden können, den Fallräumen und den Fallzeiten. So wird es also zur nächsten Aufgabe der Physik, bei

allen Erscheinungen, die ihr angehören, die charakteristischen, der Messung zugänglichen Grössen aufzusuchen, und dann die zwischen ihren Masszahlen bestehenden Beziehungen zu ermitteln. Der Entdeckung der Tatsachen, mag sie nun der täglichen Erfahrung, dem Genius eines Einzelnen oder dem Zufall zu verdanken sein, folgt die Massbestimmung, die Festlegung der charakteristischen Elemente durch genaue Messungen. Jede Messung beruht auf einer Vergleichung der zu messenden Grösse mit einer ihr gleichartigen, willkürlich als Norm genommenen. Die Vergleichung geschieht durch Beobachtung. Beobachten aber können wir nur mit dem Auge und dem Ohr. Das Auge lässt uns Unterschiede der Richtung und der Länge erkennen, das Ohr Unterschiede von Zeiten. Die sinnlichen Hülfsmittel der Massbestimmung sind also überaus einfach und ihre Schwierigkeit liegt nur in der verwirrenden Menge verschiedenartiger Grössen, mit denen die Physik zu tun hat. Dass diese Schwierigkeit, an der die Physik noch im Anfange des vorigen Jahrhunderts krankte, überwunden ist, verdanken wir dem dritten Zweige der physikalischen Forschung, der theoretischen Physik. Die Aufgabe der theoretischen Physik ist es, die Gesetze der einfachen, fundamentalen Tatsachen so zu fassen und zu erweitern, dass die Gesetze grosser Gruppen von zusammengehörenden Erscheinungen auf ein gemeinsames Fundamentalgesetz zurückgeführt werden können. Neuen Erscheinungen gegenüber sucht die Theorie nach Analogien mit bekannten; sie entwickelt auf diesem Wege Vorstellungen, welche über das unmittelbar wahrnehmbare hinausgehend gewissermassen verborgene Teile der Erscheinungen zu erraten suchen, und es gelingt ihr auf diesem Wege, so schwankend seine Unterlagen oft scheinen, weite Gebiete in einheitlicher Weise zusammenzufassen, Gesetze aufzustellen, welche durch die Erfahrung in oft überraschender Weise bestätigt werden. Denn gelten kann eine physikalische Theorie natürlich nur soweit, als sie die Berührung mit dem Boden der Erfahrung nicht verliert. Dass aber eine gute Theorie eine wahrhaft schöpferische Kraft zu entfalten vermag, dafür bietet ein glänzendes Beispiel die an Maxwells elektromagnetische Theorie des Lichts sich anschliessende experimentelle Entwicklung. Aber nicht in der gesonderten Bearbeitung der einzelnen Gebiete werden wir die vornehmste Aufgabe der theoretischen Physik sehen; je weiter die Erkenntnis fortschreitet, um so enger werden die Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen der Physik, um so unbestimmter ihre Grenzen. Als die höchste Aufgabe der theoretischen Physik erscheint daher die Ermittlung der allgemeinen Gesetze, welche alle physikalischen Erscheinungen beherrschen, die Entwicklung eines Systems von Vorstellungen, welches die Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen umfasst.

Auf Grund der vorhergehenden Bemerkungen unterscheiden wir drei verschiedene Tätigkeiten, auf deren Zusammenwirken der Bau der Physik sich gründet. Die Entdeckung, die Massbestimmung, die theoretische Entwicklung. Diese drei Tätigkeiten laufen nicht gleichmässig neben einander her; auf Perioden der Entdeckung folgen Zeiten, in denen die Aufgaben der Massbestimmung oder der Theorie in den Vordergrund treten. Es ist von Interesse, sich den Charakter der Zeit zu vergegenwärtigen, in der Kohlrausch dem Studium der Physik sich zuwandte. Das Ende des 18. und das erste Drittel des 19. Jahrhunderts waren Zeiten glänzender Entdeckungen gewesen; durch sie wurde die Physik um die Gebiete des Galvanismus und der Elektrodynamik, der Dielektrizität, des Diamagnetismus, der Magnetooptik, der Interferenz des Lichtes, der Wärmestrahlung bereichert. Dieser Periode einer mächtigen Be-

wegung folgte in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts eine gewisse Stille. Die einzige Entdeckung von grosser Tragweite war die der Spektralanalyse; aber sie wirkte zunächst auf die Chemie; die Physik hat sich ihrer erst später bemächtigt. Im Vordergrunde standen Aufgaben der Theorie und der Massbestimmung. In dem Satze von der Erhaltung der Energie war ein alle physikalischen Erscheinungen beherrschendes Prinzip gefunden; das Prinzip der Entropie bestimmte die Richtung, in welcher der Zustand eines gegebenen Systems von Körpern sich ändert, während seine Energie konstant bleibt. Die Seite der Massbestimmung war in hervorragender Weise vertreten durch Weber, welcher die Entdeckungen Faradays auf den Gebieten der Elektrodynamik und des Diamagnetismus zum Gegenstande exakter Messungen machte. Darüber hinaus machte er den Versuch, das ganze Gebiet der elektrodynamischen und elektrostatischen Erscheinungen durch ein einheitliches, allumfassendes Gesetz der elektrischen Fernwirkung darzustellen. Der Gegensatz, in dem Webers Theorie zu den von Faraday und Maxwell vertretenen Ideenkreisen stand, ga zu lebhaften Kämpfen Veranlassung. Sie haben der Wissenschaft im ganzen wenig Frucht gebracht, und die Entwicklung ist über sie hinweggegangen. Die zeitliche Ausbreitung der Kraft, eine der fundamentalen Folgerungen von Maxwells Theorie, wurde durch Hertz experimentell bewiesen; wir wissen heute, dass das Webersche Gesetz nicht ein fundamentales Gesetz der Wechselwirkung ist, sondern eine innerhalb eines beschränkten Gebietes brauchbare Interpolationsformel. Unberührt aber von dem Wechsel der Anschauungen ist das System der Weberschen Massbestimmungen geblieben, das noch heute das Fundament für unsere elektrischen Messungen bildet.

Wie nun der Schwerpunkt der physikalischen Forschung im Laufe der Zeit sich bald nach dem einen, bald nach dem anderen der drei sie tragenden Pfeiler verschiebt, so sind die entsprechenden geistigen Anlagen und Fähigkeiten auch bei den einzelnen Physikern in sehr verschiedenem Masse entwickelt. Faraday wird uns immer als das Ideal des Entdeckers erscheinen; bei Weber bewundern wir die feine Kunst der Massbestimmung, bei Maxwell die kühne, aber zu den grössten Erfolgen führende theoretische Konzeption. Kohlrauschs Begabung lag wesentlich auf dem Gebiete der Massbestimmungen. Hier fand er ein reiches Feld der Tätigkeit durch Weber vorbereitet, ein grösseres hat er mit eigener Kraft hinzuerobert. Das wird anschaulich werden, wenn ich nun dazu übergehe, die wissenschaftliche Laufbahn von F. Kohlrausch in kurzen Zügen zu schildern.

Kohlrausch war geboren in Rinteln[1]) als Sohn des verdienstvollen Physikers Rudolf Kohlrausch, der damals Gymnasiallehrer in Rinteln war. Im Jahre 1857 kam der Vater, der zuletzt in Marburg neben seinem Schulamte noch die Stelle eines ausserordentlichen Professors der Physik an der Universität bekleidet hatte, als ordentlicher Professor der Physik nach Erlangen. Aber schon im folgenden Jahre verlor Kohlrausch den Vater; sein Leben lang hat er ihm eine treue kindliche Pietät bewahrt, er ist für sein Andenken eingetreten, wo

[1]) Eine kurze Zusammenstellung der Hauptdaten seines Lebens besitze ich von Kohlrauschs eigener Hand. Als im Jahre 1894 die Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidgenössischen polytechnischen Schule in Zürich (G. e. P.) ihr 25jähriges Jubiläum feierte, gab sie eine Festschrift heraus, deren erster Teil dem Andenken an die ehemaligen Professoren des Polytechnikums gewidmet war und der von allen diesen Professoren ein Porträt mit dem Namenszug und authentische, teils von den Betreffenden selbst mitgeteilte, teils aus den Akten

immer die Verdienste Rudolf Kohlrauschs nicht die ihnen gebührende Würdigung fanden. Seine Studienzeit hat Kohlrausch teils in Erlangen, teils in Göttingen verlebt. Er promovierte in Göttingen mit einer Arbeit über elastische Nachwirkung im Anschluss an Webers Untersuchungen über die Elastizität der Seidenfäden. Nachher war er eine Zeitlang Assistent an der Göttinger Sternwarte; er fand so auf dem klassischen Boden exakter Massbestimmungen Gelegenheit, seine natürliche Anlage zu vertiefen und Erfahrungen zu sammeln, die ihm bei seinem späteren Lebenswerke zugute kamen. Von Göttingen ging Kohlrausch zunächst nach Frankfurt als Dozent des physikalischen Vereins. Was sich dort dem jungen Physiker in damaliger Zeit an experimentellen Einrichtungen bot, hat er später in launiger Weise geschildert; er hat aber auch hervorgehoben, wie nützlich es für ihn war, dass er gezwungen wurde, sich so viele Hülfsmittel mit eigener Hand zu schaffen, die man in einem modernen physikalischen Institut so selbstverständlich hinnimmt, wie das tägliche Brot. Von Frankfurt kam Kohlrausch im Jahre 1866 als ausserordentlicher Professor und Assistent Wilhelm Webers nach Göttingen zurück. Die Räume und die instrumentellen Hülfsmittel des Göttinger Institutes waren bescheiden genug; aber Weber hatte durch seine wissenschaftliche Tätigkeit eine Reihe von Einrichtungen und Apparaten geschaffen, die an anderen Orten nicht zu finden waren. Das von Weber stammende Kapital hat in den vier Jahren, welche Kohlrausch in Göttingen weilte, reiche Zinsen getragen. Dabei hat sich Kohlrausch nicht darauf beschränkt, Fragen, zu deren Lösung Weber den Weg geebnet hatte, zum Abschlusse zu bringen; er hat mit den vorhandenen Hülfsmitteln neue Probleme von grosser Tragweite in Angriff genommen. Die Göttinger Jahre sind für Kohlrausch von bleibender Bedeutung geworden; für die grössere Zahl der Arbeiten, die ihn sein späteres Leben hindurch beschäftigt haben, wurde hier der Grund gelegt. In Kohlrauschs Natur lag es nicht, mit raschem Impulse von einem Probleme zum anderen sich zu wenden; mit seiner bedächtigen niedersächsischen Art kehrte er zu dem einmal ergriffenen Problem immer wieder zurück, um den Ergebnissen seiner Forschung eine immer grössere Sicherheit und Klarheit zu geben. Die in Göttingen begonnenen Arbeiten über elastische Nachwirkung, Leitvermögen der Elektrolyte, absolute Widerstandsmessung, elektrochemisches Äquivalent haben ihn zum Teil sein Leben lang beschäftigt, wenn auch Jahre vergehen konnten, in denen nicht davon die Rede war.

Als ich Ostern 1869 nach Göttingen kam, hatte Kohlrausch die Arbeit über die Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes bei elektrolytischer Leitung eben beendet. Es war die erste in der grossen Reihe von Arbeiten über das Leitvermögen der Elektrolyte, die bis in die letzten Jahre seiner wissenschaftlichen Tätigkeit hinaufreichen. Diese dürfen wir, wohl auch in seinem eigenen Sinne,

---

des Polytechnikums entnommene biographische Notizen enthielt. Kohlrausch sandte damals folgende Notiz ein:

„Dr. Friedrich Kohlrausch, geb. 14. Oktober 1840 in Rinteln, Kurhessen. Schulunterricht daselbst, in Kassel, Marburg, Erlangen. Universitäten Göttingen und Erlangen 1858–1863. Promoviert Göttingen 1863. Dozent des Physikalischen Vereins in Frankfurt a. M. 1864—1866. Dann Privatdozent und 1867 Prof. extr. in Göttingen. 1870—1871 Prof. der Physik am Eidg. Polytechnikum. 1871 Prof. in Darmstadt, 1875 in Würzburg, 1888 in Strassburg.

Arbeiten über Elektrizität, Elastizität, Licht etc. Leitfaden der praktischen Physik, Leipzig 1869; 7. Aufl. 1892.“ F. Rudio.

als das Hauptwerk seines Lebens bezeichnen, und so ist es gerechtfertigt, wenn ich das Problem, um das es sich handelt, so kurz als möglich zu erläutern suche. Sie alle wissen von den galvanoplastischen Prozessen, die wir benutzen, um Überzüge von Silber, Kupfer, Nickel herzustellen. In eine mit einer Lösung von Kupfervitriol gefüllte Wanne hängt man zwei Kupferbleche und leitet mit ihrer Hülfe den Strom einer galvanischen Batterie durch die Lösung. An dem mit dem negativen Pole der Batterie verbundenen Bleche wird dann metallisches Kupfer abgeschieden; an dem anderen Bleche, durch welches die positive Elektrizität in die Lösung einströmt, wird Kupfer oxydiert und Kupfervitriol gebildet. Der Durchgang der Elektrizität durch die Lösung ist also verbunden mit einer chemischen Zersetzung, die wir als Elektrolyse bezeichnen; ihre Produkte aber treten nur an den Eintrittsstellen der positiven und der negativen Elektrizität zutage, an den sogenannten Elektroden. Die Gesetze dieser Abscheidung wurden von Faraday aufgestellt; die abgeschiedenen chemischen Bestandteile nannte er Ionen; er zeigte, dass die Mengen der abgeschiedenen Ionen proportional sind der Zeit, während welcher ein bestimmter Strom durch die Lösung geht, und proportional der Stärke dieses Stroms; er zeigte ferner, dass die Mengen der verschiedenen von demselben Strome gleichzeitig abgeschiedenen Ionen sich verhalten wie ihre chemischen Äquivalente. Faraday machte aber noch eine andere, in der Folge sehr wichtige Beobachtung. Er fand, dass der Durchgang des Stromes durch eine Lösung mit einer Verschiebung des gelösten Elektrolyten, mit einer Wanderung oder Überführung der Ionen von der einen zur anderen Seite verbunden ist. Infolge hiervon wird z. B. die Lösung des Kupfervitrioles an der positiven Elektrode verdünnt, an der negativen konzentriert. Die quantitativen Verhältnisse dieser Überführung wurden später von Hittorff in einer klassischen Experimentaluntersuchung für eine grosse Zahl elektrolytischer Lösungen bestimmt. Für die Vorstellungen, die wir uns von der Natur der elektrolytischen Leitung gebildet haben, ist noch eine weitere Tatsache von grundlegender Bedeutung geworden. Es hat sich gezeigt, dass die kleinste elektrische Kraft genügt, um einen galvanischen Strom in einer elektrolytischen Lösung zu erzeugen. Daraus musste notwendig geschlossen werden, dass die Ionen in der Lösung schon von Haus aus vorhanden sind, dass die Zerlegung der chemischen Verbindung in ihre Ionen nicht erst eine Wirkung der elektrischen Kraft sein kann. Man kam also zu der Vorstellung von einer elektrolytischen Dissoziation in den Lösungen. Die Moleküle der gelösten chemischen Verbindungen sind zu einem grösseren oder kleineren Teile in die sie zusammensetzenden Atome oder Radikale zerlegt; die Zerlegung unterscheidet sich aber von einer gewöhnlichen chemi[illegible] Zersetzung dadurch, dass ihre Produkte, die Ionen, elektrisch geladen sind, und zwar naturgemäss mit gleichen Mengen positiver und negativer Elektrizität. Damit haben wir den Kreis dessen erschöpft, was Kohlrausch an experimentellen Tatsachen, empirischen Gesetzen und theoretischen Vorstellungen von anderen übernehmen konnte. In einer Frage von fundamentaler Bedeutung aber herrschte noch vollkommene Unkenntnis und die grösste Verwirrung. Bei den metallischen Leitern besteht zwischen der den Strom treibenden elektrischen Kraft und der Stärke des Stroms eine sehr einfache Beziehung; das Verhältnis zwischen der Kraft und dem Strome ist bei einem gegebenen Leiter konstant, und man bezeichnet seinen Wert als den Widerstand des Leiters. Ob dieses Gesetz auch bei den elektrolytischen Leitern gilt, wusste man nicht, es fehlte jede sichere Kenntnis von den Widerstandsverhältnissen der Elektrolyte. Der

Grund war folgender. Die oben erwähnten Konzentrationsänderungen im Inneren stromdurchflossener Lösungen geben Veranlassung zu inneren elektrischen Kräften, welche der äusseren Kraft der Batterie entgegenwirken, den Strom vermindern und so einen Widerstand vortäuschen, der mit dem Verhältnisse zwischen der äusseren elektrischen Kraft und der Stromstärke nichts zu tun hat. Noch in stärkerem Masse treten solche Gegenkräfte auf, wenn an den Elektroden gasförmige Zersetzungsprodukte sich entwickeln, wie dies z. B. der Fall ist, wenn man Schwefelsäure zwischen Platinblechen durch den Strom zersetzt. Wollte man zu einer genauen Kenntnis des wirklichen Widerstandes einer Lösung gelangen, so musste man den Einfluss jener Gegenkräfte eliminieren. Kohlrausch hat das dadurch erreicht, dass er an Stelle von Strömen, welche stets in derselben Richtung durch die elektrolytische Lösung fliessen, sogenannte Wechselströme verwandte, Ströme, welche in jeder Sekunde einige hundert Male von der einen zur entgegengesetzten Richtung übergehen. Dadurch wird die Ansammlung der Zersetzungsprodukte oder der Produkte der Überführung an den Elektroden vermieden und jener scheinbare Widerstand von dem wirklichen abgetrennt. Man erhält den wahren Widerstand des Leiters unabhängig von den elektrischen Gegenkräften. So konnte Kohlrausch in einwandfreier Weise zeigen, dass auch bei den flüssigen Leitern das Verhältnis zwischen elektrischer Kraft und galvanischem Strom ein konstantes ist, dass die Gesetze des Widerstandes für elektrolytische Leiter ganz ebenso gelten, wie für Metalle. Ich habe im Frühjahr 1869 noch die umständlichen, schwer zu handhabenden Versuchseinrichtungen gesehen, deren sich Kohlrausch bei dieser bedeutungsvollen Arbeit bediente. Zur Erzeugung der Wechselströme benutzte er die von Weber konstruierte Induktionssirene; es war dies eine Savartsche Sirene, auf deren Achse ein kleiner Magnet befestigt war, umgeben von einer fest aufgestellten Drahtspule. Beim Anblasen der Sirene drehte sich der Magnet mit dieser und erzeugte in der Drahtspule einen Wechselstrom. Die Konstanz der Rotationsgeschwindigkeit wurde durch den Vergleich des Sirenentons mit dem Tone einer Orgelpfeife geprüft. Zur Strommessung diente eines der Dynamometer, das von Weber in der noch gemeinsam mit Rudolf Kohlrausch begonnenen Arbeit über elektrische Wechselströme benutzt worden war. Eine Widerstandsbestimmung eines Elektrolyten ist jetzt eine elementare Aufgabe, die jeder Praktikant in unseren physikalischen Uebungen ausführt. Die Arbeit langer Jahre, eine Erfahrung, wie sie nur eine beinahe ununterbrochene Beschäftigung mit dem Gegenstande verleiht, war nötig, bis Kohlrausch seiner Methode ihre heutige Eleganz und Einfachheit verleihen konnte.

In dem ersten Semester, das ich in Göttingen zubrachte, behandelte Kohlrausch in einer Seminarstunde die Gauss'sche Methode zur Bestimmung der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus. Die im Gauss-Weberschen erdmagnetischen Observatorium angestellten Übungen bildeten für Kohlrausch selber die Vorbereitung zu einer im Sommer 1869 mit grösster Sorgfalt ausgeführten Bestimmung der Horizontalintensität. Die mühevolle Arbeit war notwendig ganz abgesehen von der Bedeutung, welche sie für unsere Kenntnis von den zeitlichen Änderungen des Erdmagnetismus besitzt. Denn Kohlrausch hatte schon andere Aufgaben in Angriff genommen, zu deren Lösung eine genaue Kenntnis der Intensität des Erdmagnetismus durchaus erfordert wurde. Die erste bestand in der Wiederholung der absoluten Widerstandsmessung nach der Methode und mit den Apparaten Wilhelm Webers. Bei der Einführung des sogenannten absoluten Widerstandsmasses war Weber dem Vorbilde gefolgt,

das Gauss auf dem Gebiete des Erdmagnetismus in der Abhandlung „intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata“ gegeben hatte. Gauss hat in dieser grundlegenden Arbeit gezeigt, dass man die Intensität der magnetischen Kraft so definieren kann, dass zu ihrer Bestimmung nichts weiter nötig ist als die Messung von Längen, Gewichten und Zeiten, ohne dass irgend ein spezifisches, willkürlich gewähltes Element in die Beobachtungen eingeht. Den entsprechenden Schritt auf dem Gebiete der Elektrizität tat Weber. Man kann die Stärke eines elektrischen Stromes messen durch die Menge von Kupfer, die er aus einer Kupfervitriollösung, die Menge von Wasserstoff, die er aus Schwefelsäure abscheidet. Jede auf eine solche Beobachtung gegründete Definition der Stromeinheit enthält ein willkürliches Element, den besonderen Elektrolyten, dessen Zerlegung dabei benutzt wird. Weber zeigte, dass man die Wirkung des Stroms auf die Magnetnadel benutzen kann, um die Stromstärke so zu definieren, dass man zu ihrer Bestimmung nur die Messung von Längen, Gewichten und Zeiten nötig hat, ohne die Heranziehung eines willkürlich gewählten Faktors. Die so definierte Einheit der Stromstärke ist dann eine absolute. In derselben Weise hat er absolute Einheiten für die elektrische Kraft und für den elektrischen Widerstand aufgestellt. Diese absoluten Einheiten haben den grossen Vorzug der Reproduzierbarkeit. Das m oder cm, die Masse eines Grammstückes, die Sekunde sind an allen Orten der Erde dieselben. Die Konstruktion absoluter elektrischer Einheiten erfordert aber nichts weiter, als dass die Mittel vorhanden sind, um Längen nach cm, Massen nach g, Zeiten nach Sekunden zu messen; sie kann also an allen Orten der Erde in übereinstimmender Weise ausgeführt werden. Nun hatte Siemens schon früher für den Widerstand eine willkürliche Einheit eingeführt, welche die Eigenschaft der Reproduzierbarkeit ohne Zweifel besass, den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt. So gross aber auch der Fortschritt war, der für die messende Physik durch die Einführung jener Quecksilbereinheit erreicht wurde, beruhigen konnte man sich dabei nicht. Denn wenn in der ganzen Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus das absolute System der Messung durchgeführt war, konnte für die Messung des Widerstandes nicht ein anderes, völlig heterogenes Prinzip beibehalten werden. Wohl aber war es nötig, den Wert der Quecksilbereinheit in dem absoluten Masse Webers zu bestimmen; man konnte dann auch die Länge berechnen, die man einer Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt geben muss, damit ihr Widerstand gleich der absoluten Einheit des Widerstandes ist. Auch diese Aufgabe, welche Weber noch nicht erledigt hatte, wurde von Kohlrausch gelöst. Das Resultat seiner Messung wich von der fast gleichzeitigen Bestimmung, welche in England auf Veranlassung der British Association ausgeführt worden war, ab. Es stellte sich später heraus, dass ein wesentlicher Teil der Differenz auf einem Fehler beruhte, den Weber bei der Messung der von den Windungen einer Induktorspule umschlossenen Fläche begangen hatte. Aber gerade der Umstand, dass so sorgfältige und genaue Messungen zu verschiedenen Resultaten geführt haben, übte auf die Untersuchungen selber einen mächtigen Impuls; das Problem verschwand nicht mehr von der Tagesordnung, bis eine vollkommene Übereinstimmung der von verschiedenen Seiten und nach verschiedenen Methoden unternommenen Messungen erreicht war. An der Vollendung der Aufgabe hat Kohlrausch unermüdlich mitgearbeitet noch zu einer Zeit, wo, wie er selber meinte, mit einer absoluten Widerstandsmessung keine Lorbeeren mehr zu verdienen waren.

Eine zweite Aufgabe, welche Kohlrausch in Göttingen gestützt auf seine erdmagnetischen Arbeiten in Angriff nahm, war die Bestimmung des elektrochemischen Äquivalentes des Silbers, die Wägung derjenigen Menge von Silber, die aus einer Silberlösung abgeschieden wird, wenn ein Strom durch die Lösung geht, dessen Stärke gleich der Einheit des Weberschen absoluten Masses ist. Auf die fundamentale Frage, ob dieses elektrochemische Äquivalent eine absolut unveränderliche Grösse, oder ob es abhängig ist von äusseren Verhältnissen, z. B. von der Temperatur, ist Kohlrausch in der letzten Periode seines Lebens, in der Musse seines Marburger Aufenthaltes zurückgekommen. Seine letzte Arbeit galt ihrer experimentellen Prüfung. Jene erste Bestimmung des Äquivalentes wurde gleichfalls in dem erdmagnetischen Observatorium ausgeführt, das damals für solche Untersuchungen die denkbar günstigsten Verhältnisse bot. Zur Strommessung diente eine neue von Kohlrausch konstruierte Tangentenbussole. Sie war ursprünglich dazu bestimmt, in Verbindung mit einem Bifilargalvanometer die horizontale Intensität des Erdmagnetismus durch rein galvanische Messungen zu bestimmen.

Im Herbst 1870 folgte Kohlrausch einem Rufe an das Polytechnikum in Zürich[1]). Er hat sich dort nicht wohl gefühlt; dazu mögen die politischen Verhältnisse beigetragen haben; stand doch damals die Masse des schweizerischen Volkes dem Erwachen Deutschlands mit unverhohlenem Missbehagen gegenüber. In der Züricher Zeit unternahm Kohlrausch einen Vorstoss in das Gebiet der Thermoelektrizität: angeregt durch eine Mitteilung des Physiologen Hermann entwickelte er die Vorstellung, dass die Erscheinungen der Thermoelektrizität bedingt seien dadurch, dass jeder elektrische Strom einen Wärmestrom, jeder Wärmestrom einen elektrischen Strom mit sich führe, eine Vorstellung, die später von anderen weiter ausgeführt und begründet worden ist. Im Herbst 1871 folgte Kohlrausch einem Rufe an die technische Hochschule in Darmstadt. Er blieb dort bis zum Jahre 1875, kam dann nach Würzburg als Nachfolger Kundts, um diesen auch in Strassburg wieder zu ersetzen, nachdem Kundt die Berliner Professur übernommen hatte. Nach dem Tode von Helmholtz wurde Kohlrausch im Jahre 1895 die Präsidentschaft der physikalisch-technischen Reichsanstalt übertragen, eine Stellung, zu der er durch seine ganze wissenschaftliche Tätigkeit in erster Linie berufen war.

In dem Laufe dieser Jahre vollendete sich der monumentale Bau, den Kohlrausch durch seine Arbeiten über das Leitvermögen der Elektrolyte geschaffen hat. In dem Briefe an Nernst, in dem er seinem Danke für die Verleihung der Bunsenmedaille Ausdruck gab, hat Kohlrausch selber in unübertrefflicher Weise geschildert, wie seine Arbeit von den anfänglichen, schwer

[1]) Am Eidgenössischen Polytechnikum bestanden von jeher zwei Ordinariate für Physik. Bei der Gründung unserer Hochschule, Herbst 1855, wurde der eine Lehrstuhl mit Clausius, der andere mit Mousson besetzt. Nach 12jähriger Wirksamkeit in Zürich siedelte Clausius im Herbst 1867 nach Würzburg über und nun trat, Ostern 1868, Kundt an seine Stelle. Als dieser Ostern 1870, wiederum als Nachfolger von Clausius, nach Würzburg berufen wurde, von wo er 1872 nach Strassburg ging, wurde Herbst 1870 Kohlrausch an seine Stelle gewählt.

In unsere Naturforschende Gesellschaft wurde Kohlrausch am 28. November unter dem Präsidium von Wislicenus aufgenommen. Noch in derselben Sitzung hielt er, nachdem L. Hermann über elektrische Ströme in Pflanzen gesprochen hatte, einen Vortrag und zeigte „den stereoskopischen Eindruck bei der Betrachtung farbiger Bilder durch Prismen, welche eine schwache Dispersion ohne Ablenkung geben“. In einem zweiten Vortrag, am 20. Februar 1871, berichtete er „über den

zu handhabenden Versuchsanordnungen aus zu immer grösserer Einfachheit und Genauigkeit fortschritt. Zuerst wurde die Induktionssirene durch den von Kohlrausch konstruierten Rotationsinduktor ersetzt. Die weitere Erfahrung zeigte, dass auch der Induktor mit Wagnerschem Hammer zur Erzeugung der Wechselströme zu gebrauchen war. Immer aber wurde zu den Strommessungen noch das Dynamometer benützt, dessen Ablenkungen mit Spiegel und Skale zu beobachten waren. Noch in der Darmstädter Zeit klagte Kohlrausch über die Schwierigkeiten, die das Dynamometer gelegentlich bereitete. Den grössten Fortschritt der experimentellen Methode bedeutete daher die Einführung des Telephons zur Beobachtung der Wechselströme.

Es liegt in der Natur der Sache, dass Kohlrausch den grössten Teil der Jahre, die er der Untersuchung der elektrolytischen Leitung gewidmet hat, auf die Beschaffung eines Beobachtungsmateriales verwandte, wie es in solcher Vollkommenheit und in so reicher Fülle nur selten von einem einzelnen Forscher gesammelt worden ist. Der Erfolg hat aber die mühevolle Arbeit reich gelohnt. Ihre erste Frucht war das Gesetz von der unabhängigen Wanderung der Ionen, durch das die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungen in so einfacher und übersichtlicher Weise dargestellt werden konnte. Wenigstens in nicht zu konzentrierten Lösungen bewegen sich die einzelnen Ionen vollkommen unabhängig voneinander lediglich unter der Wirkung der treibenden elektrischen Kraft und der gegenwirkenden Reibung, welcher die Ionen bei ihrer Fortbewegung durch das Lösungswasser unterworfen sind. Die Ionen müssen dann eine konstante Geschwindigkeit annehmen, welche der treibenden elektrischen Kraft proportional ist. Bestimmt man die Geschwindigkeiten, welche bei den verschiedenen Ionen durch die Einheit der elektrischen Kraft erzeugt werden, so stellen die erhaltenen Zahlen charakteristische Eigenschaften der einzelnen Ionen dar, die man als ihre Beweglichkeiten bezeichnet. Kennt man diese Beweglichkeiten, so kann man die elektrischen Leitfähigkeiten von Lösungen, in denen Ionen in beliebiger Anzahl und Kombination vorhanden sind, berechnen und ausserdem die durch Überführung bedingten Konzentrationsänderungen. Umgekehrt konnte Kohlrausch, indem er seine Leitfähigkeitsbestimmungen mit den Hittorfschen Messungen der Überführung verband, die Beweglichkeiten für die ganze Zahl der in Betracht kommenden Ionen bestimmen. Auf Grund der von Kohlrausch entwickelten Theorie der elektrolytischen Leitung ergibt sich die Leitfähigkeit eines Elektrolyten, in dem irgend zwei Gattungen von Ionen vorhanden sind, durch die Addition ihrer Beweglich-

gegenwärtigen Stand der galvanischen Widerstandsmasse, insbesondere über die Siemens'sche Quecksilbereinheit und die aus absoluten Messungen abgeleitete „Ohmad" der British Association. Nach Hervorhebung der Bedeutung des absoluten Mass-Systems und unter Anführung einer von dem Vortragenden vorgenommenen Zurückführung der Siemens'schen auf die absolute (Weber'sche) Widerstandseinheit wurde auf die Bestimmungsmethoden absoluter Widerstände und die dabei auftretenden grossen Schwierigkeiten hingewiesen, welche die zur Herstellung eines allgemein einzuführenden Masses verlangte Genauigkeit vorläufig in Frage zu stellen scheinen" (Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1871, Seite 51, 52, 61).

So hat also Kohlrausch trotz der kurzen Wirksamkeit in Zürich auch an dem wissenschaftlichen Leben unserer Gesellschaft regen Anteil genommen. Am 28. Mai 1883 wurde er gleichzeitig mit L. Fischer-Bern (gest. 1907), A. Kundt-Strassburg (gest. 1894) und B. Wartmann-St. Gallen (gest. 1902) zum Ehrenmitglied ernannt. F. Rudio.

keiten; die Überführung dagegen hängt in einfacher Weise von dem Verhältnisse der Beweglichkeiten ab. Die Untersuchung des Leitvermögens der Elektrolyte musste von selber auf die Frage nach der Leitung des Wassers führen. War diese nur die Folge von Verunreinigungen oder haftete sie dem Wasser als solchem an? Dem experimentellen Geschick, der hohen Kunst genauester Beobachtung, die Kohlrausch in unermüdlicher Arbeit sich zu eigen gemacht hatte, gelang die Entscheidung der Frage, deren Schwierigkeiten die meisten Beobachter zurückgeschreckt hätte. Denn das Wasser erwies sich als ein höchst unreinlicher Körper und es kostete unsägliche Mühe, es auch nur vorubergehend rein zu erhalten. Das Ergebnis der Untersuchung war, dass auch das Wasser, freilich in äusserst geringem Grade, in Ionen gespalten ist, und dass es dementsprechend eine wenn auch sehr geringe elektrolytische Leitfähigkeit besitzt. Der von Kohlrausch aus seinen Beobachtungen berechnete Dissoziationsgrad des Wassers stimmt aufs beste überein mit dem aus der Hydrolyse und aus der elektromotorischen Kraft der Wasserstoffkonzentrationskette folgenden.

In der Berliner Zeit war das wissenschaftliche Interesse Kohlrauschs vorzugsweise dem Einflusse der Temperatur auf das Leitvermögen der Elektrolyte zugewandt, insbesondere der merkwürdigen Beziehung, welche den Temperaturkoeffizienten des Leitvermögens mit der Beweglichkeit der Ionen verbindet; der grösseren Wanderungsgeschwindigkeit entspricht der kleinere Temperaturkoeffizient, so dass die Unterschiede der Beweglichkeiten mit wachsender Temperatur kleiner werden. Eine theoretische Deutung dieser Tatsache besitzen wir zur Zeit noch nicht. Kohlrausch selber war überzeugt, dass die von ihm empirisch ermittelten Gesetze bei ihrer weiteren Verfolgung einen Weg eröffnen würden zu tieferem Verständnis des Wesens des elektrolytischen Widerstandes und des Wesens der Lösungen überhaupt.

Näher auf die Arbeiten Kohlrauschs auf den Gebieten des Erdmagnetismus, der Elastizität, der Wärme und Elektrizitätsleitung in Metallen, der Kapillarität einzugehen, muss ich mir versagen. Dagegen darf ich nicht unterlassen, auf die konstruktive Tätigkeit hinzuweisen, die Kohlrausch meist im Zusammenhang mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten ausgeübt hat. Wir verdanken ihm nicht bloss auf dem Gebiete der Elektrolyse neue experimentelle Einrichtungen. Die Idee zu dem viel gebrauchten Totalreflektometer stammt noch aus der Göttinger Zeit. In Würzburg waren es vor allem die Gebiete des Magnetismus und der Galvanometrie, welche er durch die Konstruktion von Apparaten bereichert hat. Er hatte dort in Eugen Hartmann einen Mechaniker gefunden, der mit Verständnis und Geschick auf seine Ideen einging. Kohlrausch stellte sich aber auch selber gerne an die Drehbank, und noch in der Präsidentenwohnung in Charlottenburg fand diese ihre Stelle.

In diesem Zusammenhange möge auch des neuen Institutes gedacht werden, das Kohlrausch in Würzburg eingerichtet hat. Der Bau fiel in die Zeit, da der Aufschwung der physikalischen Studien, der nicht zum wenigsten der Rückwirkung der Technik zu verdanken war, eben begonnen hatte. Der beste Beweis für die Umsicht, mit der Kohlrausch den Bau und die Einrichtung des Instituts geleitet hat, liegt in der Tatsache, dass das Institut den gesteigerten Ansprüchen, welche die folgenden Jahrzehnte stellten, bis auf den heutigen Tag gewachsen blieb.

Kohlrausch war aber nicht bloss der Mann der wissenschaftlichen Forschung; er war ein Lehrer und ein Lehrer grossen Stils, dessen Wirkung

weit hinausging über den Kreis derer, die als Hörer zu seinen Füssen sassen, oder in seinem Laboratorium arbeiteten. Physikalische Übungen gab es auch vor Kohlrausch; aber es fehlte an einem konsequenten Lehrgange. Man pflegte Handfertigkeitsübungen zu verbinden mit Beobachtungen, die nach ziemlich subjektiven Rücksichten ausgewählt waren; dazu kamen wohl noch Vorlesungsversuche, welche die Praktikanten mit mehr oder weniger Erfolg wiederholten. Eine systematische Ausgestaltung der Übungen war ein Erfordernis der Zeit: sie würde sich vollzogen haben auch ohne Kohlrausch; so wie sie gekommen ist, trägt sie aber den Stempel, den er ihr aufgedrückt hat. Wir können damit wohl zufrieden sein; der Sohn und Enkel eines Schulmannes besass den zur Lösung der Aufgabe nötigen pädagogischen Takt. Er verstand es in einem das ganze Gebiet umfassenden Lehrgange die Schüler zu genauer Beobachtung zu erziehen, sie mit Vertrauen zu den Methoden und den damit erhaltenen Resultaten zu erfüllen, ihnen Achtung beizubringen vor der Macht der Zahlen, vor denen jede Theorie sich beugen muss. Der Leitfaden der praktischen Physik, in seiner ersten Auflage lediglich zum Gebrauch in dem Göttinger Praktikum bestimmt, wuchs freilich bald über den Rahmen eines elementaren Übungsbuches hinaus. Als Lehrbuch der praktischen Physik bildet es weit über die Grenzen Deutschlands hinaus den Führer und Berater jedes wissenschaftlich arbeitenden Physikers. Aus dem die Gesamtheit der wissenschaftlichen Methoden, eine unerschöpfliche Menge einzelner Erfahrungen umschliessenden Lehrbuche hat sich aber auch der bescheideneren Zielen dienende Leitfaden in einem an seine ursprüngliche Gestalt erinnernden Umfange wieder herausgeschält.

Im Rückblick auf ein wohlangewandtes, an Arbeit und Erfolgen reiches Leben konnte Kohlrausch im Jahre 1905 von der Präsidentschaft der Reichsanstalt zurücktreten. Noch fünf Jahre eines behaglichen Alters hat er in Marburg und in Jugenheim an der Bergstrasse, dem Sommersitze seiner Familie, zugebracht. War es im eigenen Hause auch still geworden — nur eine Tochter weilte noch bei den Eltern — so sorgten die Familien des Sohnes und dreier Töchter für Freude und Leben. Dass die Musse der Marburger Tage dem Unermüdlichen nur ein Sporn war, um mit neuem Eifer und neuer Kraft den Arbeiten seines Lebens sich zuzuwenden, davon zeugen vor allem die Arbeiten über das elektrochemische Äquivalent und die neue Auflage seines Lehrbuches. Die Erinnerung an Kohlrausch wird dauern, solange es eine physikalische Wissenschaft gibt, und solange umfangreiche Zweige der Technik auf ihrer Grundlage ruhen.

Ulrich Krönlein (1847—1910, Mitglied der Gesellschaft seit 1888).

Der folgende Nekrolog erschien in der „Zürcher Wochen-Chronik" aus der Feder von Dr. Lüning und wurde uns vom Verfasser gütigst zur Verfügung gestellt.

Mittwoch den 26. Oktober ist Herr Prof. Dr. Krönlein nach qualvollen Leiden, die ihn seit drei Monaten heimsuchten, im 64. Altersjahr dahingeschieden. Er hatte umsonst, wenn nicht Hülfe, so wenigstens Linderung an der Rigi gesucht; als er zurückkehrte, musste sich seiner Umgebung die Überzeugung aufdrängen, dass dem verdienten Manne nur noch eine kurze Spanne zu leben vergönnt sein werde. Und nun hat der Tod sein arbeitsreiches Leben, nachdem er Ende des verflossenen Sommersemesters ins Privatleben sich zurückgezogen hatte, beschlossen. Der Name von Prof. Krönlein wird in unserm ganzen Vaterland, landauf und landab in aller Mund, bei hoch und niedrig

reich und arm mit Liebe und Verehrung genannt, und allgemein ist heute die Trauer um den nun so rasch dahingeschiedenen hervorragenden Mann.

Wie gänzlich unerwartet kam der Rücktritt des Herrn Prof. Dr. Krönlein! Zwar war es Eingeweihteren und Freunden desselben nicht unbekannt, dass der früher eisenfeste Mann seit vielen Monaten mit seelischen und körperlichen Leiden rang, eine Folge von Angriffen und Kränkungen, die der feinfühlende und stets nur seinem Amte und der Wissenschaft lebende Mann nicht verdient zu haben sich bewusst war. Zwar wurde von Behörden, Fakultät, Kollegen und Studentenschaft alles aufgeboten, um dem Schwergekränkten Genugtuung zu verschaffen; es blieb ein Stachel zurück, und zu der Qual schlafloser Nächte gesellte sich schliesslich ein ernstliches Herzleiden, welches gebieterisch Ruhe und vorläufige Entsagung von aller Arbeit erheischte, nachdem ein längerer Erholungsurlaub im vergangenen Frühjahr nur vorübergehende Besserung gebracht hatte. Damit war der Entschluss zum Rücktritte gegeben, der den Behörden am 1. Juli mitgeteilt wurde und dem diese mit tiefstem Bedauern, das von der ganzen Bevölkerung zu Stadt und Land geteilt wird, Folge geben mussten.

Rudolf Ulrich Krönlein ist am 19. Februar 1847 in Stein a. Rh. geboren, wo sein Vater, der aus Schweinfurt eingewandert war, eine Gerberei betrieb. Nachdem Krönlein die Schulen in Stein absolviert, kam er zunächst an die Kantonsschule in Frauenfeld, wo er aber nur ein Jahr blieb, um dann Ostern 1862 an das Gymnasium in Schaffhausen überzutreten; dort durchlief er alle Klassen von der 3. an, immer als Primus der seinigen, gemeinsam mit seinem Freunde Ritzmann, dem jetzigen Augenarzt.

Ostern 1866 begann er das medizinische Studium in Zürich; im 3. und 4. Semester war er Unterassistent bei dem berühmten Anatomen Hermann v. Meyer und gewann damit den soliden anatomischen Untergrund für seine spätere Laufbahn als Chirurg. Nach Ablegung des damals neu eingeführten propädeutischen Konkordatsexamens im Sommer 1868 bezog er für ein Semester (Winter 68/69) die Universität Bonn, um dann in Zürich sein Studium zu vollenden. Als Unterassistent bei Prof. E. Rose, dem damaligen Direktor der chirurgischen Klinik, zog er sich im Spitaldienste eine schwere Halsdiphtherie zu.

Unmittelbar nach Absolvierung des Staatsexamens im Sommer 1870 und noch mitten im Doktorexamen stehend, folgte er bei Ausbruch des deutsch-französischen Krieges mit seinem Freunde Ritzmann, seinem Lehrer E. Rose nach Berlin. Die am Tage nach der Schlacht von Wörth abgereisten Zürcher Chirurgen fanden zunächst trotz allen Bemühungen wegen der Menge der aus allen Ländern herbeigeströmten Ärzte keine Verwendung und ihre Geduld wurde auf eine harte Probe gestellt: erst Ende August erhielt Rose die Direktion einer Abteilung des vom Berliner Hülfsverein unter der Aegide Virchows erstellten grossen Barackenlazaretts auf dem Tempelhofer Felde; Krönlein selbst wurde die Besorgung von drei Baracken à 30 Betten als ordinierender Arzt zugewiesen. Hier entfalteten nun die Schweizer Ärzte, die sich mittlerweile durch den Zuzug der Kollegen Hans v. Wyss, Wilhelm v. Muralt und Kolb vermehrt hatten, eine ebenso erspriessliche wie interessante und lehrreiche Tätigkeit, die für Krönlein mit Ende Oktober ihren Abschluss fand, da ihm von Prof. Rose, der selbst zu Beginn des Wintersemesters nach Zürich zurueckkehrte, die Stelle als 1. Assistenzarzt seiner Klinik angeboten wurde.

In dieser Stellung verblieb er bis Frühjahr 1873 und promovierte Ende des Sommersemesters mit einer hervorragenden Arbeit: „Über offene Wundbehandlung", die, ein damals höchst aktuelles Thema behandelnd, in Fachkreisen

grosses Aufsehen erregte und den Namen des jungen Schweizer Chirurgen auch im Auslande bekannt machte.

Die „offene Wundbehandlung", deren hervorragendster und konsequentester Vertreter der Zürcher Chirurg Rose war, bedeutete unstreitig gegenüber den damals üblichen älteren Methoden der Wundbehandlung einen erheblichen Fortschritt und leistete Vorzügliches in der Bekämpfung der bösartigen Eiterungen und der sog. akzidentellen Wundkrankheiten, die zu jener Zeit die Spitäler verheerten und die Operierten und Verletzten dezimierten. Die statistischen Beweise sind in dieser Erstlingsarbeit Krönleins niedergelegt und unwiderleglich. Nur die fortschreitende Entwicklung in der Chirurgie, im besonderen der gerade damals anhebende Siegeszug der unsterblichen Entdeckung Listers, der antiseptischen Wundbehandlung, durch alle Länder der Welt, zuerst aber durch Deutschland, hat das offene Verfahren in den Hintergrund gedrängt, wie eben stets das Bessere des Guten Feind ist; es gehört jetzt der Geschichte an; für das Zürcher Spital hatte die Aera der offenen Wundbehandlung unstreitig das grosse und bleibende Verdienst, dass seine Salubritätsverhältnisse ungleich besser waren und blieben, als in allen anderen Spitälern der vorantiseptischen Zeit.

In dem Mitte der siebziger Jahre entbrannten Widerstreit der Meinungen über diese Fragen, der nicht immer sehr glimpflich geführt wurde, stand Krönlein naturgemäss im Vordertreffen und hat wiederholt in der Fachpresse dazu das Wort ergriffen; später, in der steigenden Ausbildung der neuen Methode, die durchweg deutschen Forschern zu verdanken ist, erkannte er wie ein Jeder deren Überlegenheit an und gehörte selbst zu den eifrigsten Fördern der vollkommensten Form derselben, der Aseptik.

Doch wir greifen etwas vor. Im Frühjahr 1873 trat Krönlein von seiner Assistentenstelle zurück; sein Gesundheitszustand nötigte ihn dazu. Zeitlebens für Infektionen ziemlich empfänglich (1890 machte er als Kliniker Typhus durch), hatte er sich eine schwere septische Blutvergiftung zugezogen und musste zu seiner Erholung den Sommer im elterlichen Hause zu Stein zubringen. Es war, wie er später öfters erzählte, eine böse Zeit für ihn. Krank, von Schüttelfrösten heimgesucht, am Krankenbette einer totkranken geliebten Schwester, ohne Protektion und Empfehlungen, mit dem Drange, in der Chirurgie etwas Grosses zu leisten und der Aussicht, Landarzt werden zu müssen — die Zukunft schien sich sehr düster anzulassen. Endlich, im Herbst 1873, gesundheitlich etwas erholt, fasste er sich ein Herz und schrieb, wie er glaubte, als total Unbekannter, einen Brief mit der Bitte um eine Assistentenstelle an den damaligen grössten Vertreter der Chirurgie in Deutschland, den berühmten Geheimrat Bernhard v. Langenbeck in Berlin. Und siehe, nach einer Weile kam eine Antwort mit den zierlichen Schriftzügen des Altmeisters, die der Empfänger bis zum Ende als kostbares Andenken aufbewahrte, und worin dieser den ihm keineswegs Unbekannten unter Hinweis auf die Bedeutung seiner oben erwähnten Arbeit zu einer Besprechung nach Berlin einlud und ihm Erfüllung seines Wunsches in Aussicht stellte. Und so geschah es, Krönlein erhielt nicht nur die erste freiwerdende Assistentenstelle zugesichert, sondern auch auf Verwendung v. Langenbeck die zur Bekleidung derselben nötige Approbation geschenkt, was Ausländern gegenüber nur auf Grund bedeutender wissenschaftlicher Leistungen geschah.

So hatte Krönlein denn sein nächstes Ziel erreicht. Die Wartezeit bis zum Freiwerden der Stelle (Winter 1873/74) benutzte er zu Studien in ver-

schiedenen Berliner Spitälern und einigen literarischen Publikationen. Im April 1874 trat Krönlein seine Stelle an. Zwischen dem feinen und ritterlichen v. Langenbeck und dem ihm wesensverwandten jungen Schweizer Arzte, an dessen charaktervoller Art jener besondern Gefallen fand, entwickelte sich bald ein innigeres Verhältnis; es ist kein Zweifel, dass Krönlein der Lieblingsassistent des alternden Nestors der deutschen Chirurgie gewesen und von ihm mit väterlichem Wohlwollen in seiner Laufbahn gefördert worden ist. Diese freundschaftliche Zuneigung des Meisters fand von seiten des Schülers ihre wärmste Erwiderung, und dieses schöne, auf gegenseitiger Achtung und Vertrauen gegründete Verhältnis hat bis zum Tode v. Langenbecks, weit über die Assistentenzeit hinaus, fortgedauert. Mit Stolz bekannte Krönlein sich immer als Schüler des grossen Mannes, und es war ihm ein Bedürfnis, auch vor seinen Schülern im Tone der tiefsten Verehrung seiner zu gedenken, der ihm vorbildlich war nicht nur als einer der glänzendsten Operateure aller Zeiten, sondern auch durch seine immense Erfahrung, reichstes Wissen und durch eine der seinigen kongeniale, hohe und noble Auffassung des Berufes als Arzt und Lehrer.

Im übrigen waren diese Berliner Jahre für den jungen Chirurgen, an den früher oder später die Anforderungen eines akademischen Amtes herantreten mussten, Jahre emsiger Arbeit in der Klinik und später auch in der damit verbundenen Poliklinik, die er selbständig zu leiten hatte, und der aus der Grosstadt ein riesiges chirurgisches Krankheitsmaterial zuströmte. Daneben musste noch Zeit zu literarischer Produktion gefunden werden; aus jener Zeit stammen neben verschiedenen Arbeiten über Wundbehandlung eine grössere Abhandlung über Diphtheritis und Tracheotomie und ein nach Anlage und Durchführung mustergultiger Jahresbericht über die v. Langenbecksche Klinik und Poliklinik mit vielen wertvollen Einzelbeobachtungen (1877).

Diese Zeit des Werdens und Reifens wurde abgeschlossen durch eine interimistische Berufung als Leiter der chirurgischen Klinik in Giessen in Vertretung für den erkrankten Prof. Bose, seinen Freund und ehemaligen Mitassistenten. Ein volles Jahr dauerte diese Vertretung (Wintersemester 1878/79 und Sommersemester 79), während welcher Krönlein vom hessischen Ministerium zum Prof. extraordinarius ernannt wurde. Diese akademische Würde wurde ihm dann nach seiner Rückkehr nach Berlin auch dort auf einstimmigen Vorschlag der medizinischen Fakultät zuteil.

In Berlin wartete seiner eine neue Aufgabe, die Umbaute des königlichen Klinikums an der Ziegelstrasse, die er als stellvertretender Verwaltungsdirektor der Klinik zur Entlastung v. Langenbecks ganz selbständig durchzuführen hatte. Bei diesem grossen Werke, das einen ganzen Gebäudekomplex umfasste, hatte er Gelegenheit, den Grund zu legen zu den reichen Kenntnissen und Erfahrungen auf dem Gebiete des modernen Spitalbaues, die später auch dem Zürcher Kantonsspital zugute kommen sollten.

Von grösseren wissenschaftlichen Arbeiten fallen in dieses Ende der Berliner Zeit einige Arbeiten über eine von ihm entdeckte neue Bruchart (Hernia inguino-properitonealis), welche das anatomisch scheinbar abgeschlossene Gebiet der Eingeweidebrüche um eine neue, auch für den Praktiker nicht unwichtige und nicht allzu seltene Form bereicherte. Ferner erschien, allerdings erst nach der Übersiedelung nach Zürich (1882) „Die Lehre von den Luxationen" als Teilstück des grossen Sammelwerkes „Deutsche Chirurgie" von Billroth und Lücke.

Im Jahre 1881 erfolgte Krönleins Berufung nach Zürich, dessen chirurgischer Lehrstuhl durch den Abgang von Rose nach Berlin frei geworden war. Mit

der Ernennung zum ordentlichen Professor der Chirurgie erfolgte auch diejenige zum Direktor der chirurgischen Klinik des Kantonsspitals und zum Mitgliede des kantonalen Sanitätsrates.

Seit dieser Zeit ist er der Unsere geblieben, und liegt sein segensreiches Wirken vor aller Augen da. Es würde den Raum dieser Schrift bei weitem übersteigen und die Geduld des nichtärztlichen Lesers ermüden, wollten wir den einzelnen Phasen dieses reichen Lebensinhaltes in gleicher Weise gerecht werden: wir können aus der Fülle der Leistungen und Verdienste nur das Wesentlichste herausheben.

In Zürich stand der neue Kliniker zuerst vor der Aufgabe, die Stätte seines praktischen Wirkens in einer den modernen Anschauungen über Spitalhygiene und den Bedürfnissen des klinischen Unterrichts entsprechenden Weise zu reformieren. Noch war das nach den Ideen des genialen Schönlein, Zürichs erstem medizinischen Kliniker, gebaute und 1842 eröffnete Kantonsspital, seinerzeit ein vielbewunderter und vielbesuchter Musterbau des Korridorsystems, im wesentlichen unverändert geblieben, während im Auslande grossartige neue Spitalbauten entstanden waren, und die Anforderungen der neuen Wundbehandlung und der Fortschritt der Wissenschaft überhaupt Einrichtungen erheischten, welche die ältern Spitäler nicht kannten. Krönlein verstand es, durch logisches und massvolles, mit den zu Gebote stehenden Mitteln rechnendes Vorgehen die sich erhebenden Widerstände zu überwinden und das Interesse und die Unterstützung der Behörden für seine Reformpläne zu gewinnen und jeweilen wieder zu finden. Ein Glück war es, dass der alte Bau dank seiner vortrefflichen Anlage die Einfügung all der Neuerungen erlaubte, mit denen er nun sukzessive ausgestattet wurde. Als die wichtigsten sind zu nennen:

Erneuerung des Mobiliars. Es verschwanden die alten hölzernen Bettstellen, sie wurden durch moderne eiserne ersetzt und durchweg mit weisser Wäsche versehen. Parkettierung der Fussböden, Terrazierung der Korridore, Renovation des Treppenhauses. Neubaute des alten Operationssaales und Ausgestaltung desselben zu einem Auditorium für die Klinik mit Amphitheater, Vor- und Nebenräumen, Verdunkelungsvorrichtung für die Projektions-Demonstrationen mit dem Epidiaskon. Verlegung der Diphtherie-Abteilung ausserhalb des Haupthauses in ein Separatgebäude mit Inhalationsanlage und Isolierräumen, eigenem Operationsraum, Assistentenwohnung und Sammlungszimmer. Um dem Platzmangel im Haupttrakt zu steuern, wurde eine Baracke gebaut und sukzessive ausgestattet, für die Unterbringung von weniger Pflegebedürftigen und Rekonvaleszenten. Die Unmöglichkeit, bei den steigenden Anforderungen der Asepsis wichtige Operationen im klinischen Amphitheater vor zahlreichen Hörern auszuführen, führte 1900 zur Errichtung eines besonderen aseptischen Operationsbaues, der mit zahlreichen Nebenräumen, Sterilisationsanlage und allen anderen Hülfsmitteln, eigenem Instrumentarium und Dienstpersonal ausgestattet ist, eine Musteranlage, die damals ihresgleichen suchte und seither vielfach nachgeahmt worden ist. Krönlein mit seiner humanen, auf Schonung und Sicherheit der Patienten bedachten Sinnesart war auch einer der ersten, welche den klinischen Unterricht in der Weise reformierten, dass die grossen Operationen ausserhalb der klinischen Operationsstunde stattfanden, und dass zu den aseptischen Eingriffen die Studenten nur abteilungsweise, unter Beobachtung exaktester Vorsichtsmassregeln gegen Infektion als Zuschauer zugelassen wurden. — Mit dem grossen Physiker Röntgen seit langem eng befreundet, war Krönlein ferner sofort bemüht, dessen segensreiche Erfindung

seinen Kranken dienstbar zu machen; seiner Initiative verdankt die chirurgische Klinik eine wohlausgerüstete Röntgen-Abteilung mit einem eigenen wissenschaftlichen Leiter.

Die chirurgische Poliklinik, die zur Zeit der Ankunft Krönleins noch in einem Nebenzimmer abgehalten wurde, erhielt ebenfalls eigene Räume, als durch den Umzug der Augenkranken in die neue Augenklinik solche frei geworden waren, mit Auditorium, Operationssaal, Bade- und Warteräumen, getrenntem Eingang und Lokalitäten für Massage und Heissluftbehandlung.

Den letzten Zuwachs zu der Zahl der für eine moderne chirurgische Klinik nötigen Zweiganstalten bildet die vor zwei Jahren erfolgte Eröffnung des ebenfalls dem Spital direkt baulich angegliederten mechanisch-therapeutischen Instituts zur Nachbehandlung der Verletzten, einer in unserem Zeitalter der Haftpflicht und der sozialen Fürsorge unbedingt notwendigen Ergänzung.

Dies sind nur die hauptsächlichsten Verbesserungen, die unser Kantonsspital Herrn Prof. Krönlein verdankt. Abgesehen von diesen wurde das neue Hauptgebäude durch Einrichtung einer neuen Sulzerschen Dampfheizung, von Dauerbädern, Einführung der elektrischen Beleuchtung, Einbaute von Personen- und Speiselifts, Ausstattung der Kinderabteilung mit einem Gartenpavillon usw. so modernisiert, dass der altehrwürdige Bau Schönleins heute den hohen Anforderungen der Neuzeit zu genügen vermag und in Ehren sich neben mancher Prunkbaute des Auslandes sehen lassen kann.

Alle diese Reformen und Ergänzungen waren notwendig, waren keine persönlichen Liebhabereien, sondern entsprangen ausschliesslich der steten Sorge für das Wohlergehen der Kranken. Sie erforderten, wenn auch auf viele Jahre verteilt, natürlich grosse finanzielle Opfer, obschon Krönlein immer der Erwägung zugänglich war, dass unser kleines Staatswesen nicht über seine Mittel hinaus beansprucht werden darf. Ein grosser Teil der für diese Zwecke erforderlichen Gelder ist übrigens durch seine Vermittlung dem Staate zur Verfügung gestellt worden; die Legate und Schenkungen reicher und hochherziger Patienten seiner Privat-Klientel, die er für diese Dinge zu interessieren wusste, gehen zusammen in die Hunderttausende. Und wo es not tat, griff er auch selbst in die Tasche; so stiftete er einen grossen Teil des jetzt 20,000 Franken betragenden Freibettenfonds, sowie die „Krönleinsche Bibliothek", eine fachwissenschaftliche, reich ausgestattete Bibliothek im Assekuranzwerte von 15,000 Fr., die sorgfältig katalogisiert und verwaltet, in einem besonderen Zimmer des Kantonsspitals aufgestellt ist, zur freien Benutzung für seine Assistenten und Studierenden.

Grossen Dank schuldet ihm auch das Schwesternhaus vom Roten Kreuz, dessen Vorstand er von der Eröffnung 1883 an angehörte. Dadurch, dass er der noch jungen Anstalt seine Privatpatienten zur Pflege anvertraute und seine Klinik den Schwestern zur Ausbildung öffnete, dem neuen Unternehmen jederzeit mit Rat und Tat beistand, hat er das meiste zu dessen Emporblühen beigetragen, und es wird seiner dort stets in dankbarer Verehrung gedacht.

Neben dieser Wirksamkeit als Spitalleiter und Operateur, von deren Ausdehnung derjenige einen Begriff bekommt, der hört, dass die Zahl der pro Jahr ausgeführten Operationen (ohne private) in den letzten Jahren zirka 1200 betrug, ging stets und unzertrennlich mit ihr verbunden eine ebenso hervorragende Tätigkeit als akademischer Lehrer und als wissenschaftlicher Forscher einher. Hochverehrt von der studierenden Jugend wegen seines reichen Wissens, seiner gewandten, klaren und eindringlichen, hie und da mit leiser Ironie ge-

würzten Rede, imponierte er ihr zugleich durch seine charaktervolle und konsequente Persönlichkeit und gewann er die Herzen durch die hohe Auffassung seines Berufes und die zarte, humane Sinnesart, die er im Umgang mit seinen Kranken, auch den ärmsten und niedrigsten, an den Tag legte. Dieses Hochhalten der ethischen Seite des ärztlichen Berufes, die so leicht im Unterricht vom rein Technischen und Wissenschaftlichen überwuchert wird, war ihm ein Herzensbedürfnis, das er auch an seinen Schülern nicht missen wollte und nach dem er diese einschätzte.

In seiner Fakultät gehörte Prof. Krönlein sehr bald zu den führenden Geistern; er stand derselben 1888—90 als Dekan vor.

Schon wenige Jahre nach seiner Berufung wurde er durch das Vertrauen seiner Kollegen zum Rektor der Universität gewählt, welche Stelle er 1886—88 bekleidete. In Vieler Erinnerung sind noch die gehaltvollen Reden, die er als solcher am Stiftungstage der Hochschule gehalten hat und die im Drucke erschienen sind: so 1886: Über Gymnasial- und Universitätsbildung und deren Bedeutung für den Mediziner, worin er warm für eine vernünftig reformierte humanistische Gymnasialbildung im Gegensatz zu einer sachlich-utilitären eintritt; sodann 1887: Über akademische Freiheit.

Als Rektor vertrat er auch in Begleitung der Professoren Schneider und Hitzig die Universität zu Zürich am Jubiläum von Heidelberg 1886.

Auch das Präsidium des Hochschulvereins hat Prof. Krönlein geführt und den Bestrebungen desselben stets ein warmes Interesse geschenkt. 1886 hielt er in dessen Versammlung zu Affoltern einen populären Vortrag: „Über Wundbehandlung in alter und neuer Zeit“, der ebenfalls im Druck erschienen ist, 1904 in Küsnacht, zur Zeit der (später durch die Volksabstimmung verworfenen) Initiative zur Freigebung der „arzneilosen Heilweise“, einen zweiten über „das Hauptziel des medizinischen Studiums“.

Von jeher in regem Verkehr mit seinen deutschen Fachkollegen, an deren Kongressen er zahlreiche Vorträge gehalten hat, war es in seinen Augen wohl die grösste ihm widerfahrene Ehrung, als er zum Vorsitzenden der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie ernannt, in dieser Eigenschaft den Kongress in Berlin 1905 zu leiten hatte.

Im gleichen Jahre wurde ihm, wie schon früher wiederholt die an andere reichsdeutsche Universitäten, die Berufung auf die chirurgische Lehrkanzel Wiens angeboten. Der Ruf war verlockend, aber die Liebe zum heimatlichen und selbst gestalteten Wirkungskreise überwog, und Krönlein lehnte zu aller Freude ab. Er gehörte eben mit Kocher und Socin zu dem chirurgischen Dreigestirn, das durch keine Lockung des Auslandes mehr dem Vaterlande zu entreissen war. Ein glänzender Fackelzug der Studentenschaft mit Kommers im „Pfauen“ brachte ihm den öffentlichen Dank für diesen Entschluss. — 1906 war es ihm vergönnt, in ungebrochener Schaffenskraft das 25jährige Jubiläum seiner klinischen Tätigkeit in Zürich zu feiern. Die Feier, die noch in Aller Erinnerung ist, mit Ansprachen und Überreichung einer Festschrift seitens der Assistenten in der Klinik ihren Anfang nahm und mit einem Bankett abschloss, gestaltete sich zu einer überwältigenden Huldigung aller Kreise, mit denen der Jubilar amtlich, akademisch oder gesellschaftlich in Berührung stand.

Das Bild Prof. Krönleins würde kein vollständiges sein, wenn hier nicht auch ein kurzes Wort über seine wissenschaftlichen Leistungen hinzugefügt würde. Krönlein hat besonders bahnbrechend gewirkt auf dem Gebiete der operativen Behandlung der Hirnblutungen und die von ihm aufgestellten Regeln

zur Ausführung dieses häufigen und direkt lebensrettenden Eingriffes sind bis heute massgebend geblieben. Aber auch sonst verdankt die Hirnchirurgie, sowie diejenige der peripheren Nerven, ihm manche Bereicherung Er hat zuerst eine Geschwulst aus der Lunge mit Erfolg exstirpiert und gezeigt, wie Geschwülste aus der Augenhöhle mit Erhaltung des Augapfels zu entfernen sind. In hervorragender Weise hat er sich praktisch und publizistisch am weiteren Ausbau der Chirurgie des Magens, des Kropfes, des Rachens, der Bauchspeicheldrüse und der Eiterungen der Unterleibshöhlen beteiligt, ohne andere Gebiete dabei zu vernachlässigen. Im letzten Dezennium war ihm die Nierenchirurgie, in der er sehr grosse Erfahrungen gesammelt, ein Lieblingsthema, dem er zahlreiche Arbeiten und Vorträge widmete.

Einen Begriff von der umfassenden literarischen Tätigkeit Prof. Krönleins gibt die Tatsache, dass die Zahl seiner gedruckten Arbeiten, viele davon grossen Umfangs, 84 erreicht. Dabei sind nicht eingerechnet die zahlreichen Demonstrationen und Vorträge in den städtischen und kantonalen Ärztegesellschaften, den klinischen Ärztetagen und dem schweizerischen ärztlichen Zentralverein, zu denen er sich immer bereitwillig finden liess. Dazu kommt noch die Zahl der unter seiner Leitung erschienenen Doktor-Dissertationen mit 85, ausserdem 90 anderweitige Arbeiten von Assistenten der Klinik, die von den Erfahrungen und Leistungen derselben Zeugnis ablegen, und in denen ebenfalls ein gewaltiges Mass von Arbeit des klinischen Direktors verborgen liegt!

Fürwahr, eine solche Arbeitsleistung reicht hin, um ein langes tätiges Menschenleben auszufüllen und leider auch, es zu zerreiben. Nur eine hohe Intelligenz, gepaart mit eisernem Willen und peinlichster Pflichttreue, eine zähe und kräftige Konstitution konnte, allerdings unter Verzicht auf fast jeden Lebensgenuss, auf die Länge all diesen schweren Anforderungen genügen. Dass dies geschehen ist, davon zeugen all die Werke, die Prof. Krönlein für die leidende Menschheit geschaffen, seine akademische und wissenschaftliche Tätigkeit und das hohe Ansehen, das er bei Behörden, Kollegen, Ärzten und der ganzen Bevölkerung geniesst. Davon zeugen nicht zuletzt seine zahlreichen Schüler, die seiner dankbar als Lehrer gedenken, und die Tausende zu Stadt und Land, denen seine Kunst Leben und Gesundheit erhalten hat.

Friedrich Graberg (1836—1910, Mitglied der Gesellschaft seit 1860, Bibliothekar von 1881 bis 1892).

Wir drucken hier den Nachruf ab, den Herr Gewerbeschuldirektor J. Roner in der „Neuen Zürcher Zeitung“ vom 28. November 1910, zweites Abendblatt, veröffentlicht hat.

Sanft entschlafen ist ein bescheidener, still für sich lebender Mann, dessen Wirken nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf, an den vielmehr auch öffentlich gedacht werden soll. Diesem oder jenem wird wohl die langsam, etwas unbeholfen dahinschreitende Gestalt eines Mannes, mit grauweissem Bart und Haar, mit stark vorgebeugtem Kopfe, mit stets freundlichem Gesichte, aufgefallen sein. Er trug meistens eine stark gefüllte graue Kartonmappe mit sich. Er kam entweder aus der Sammlung des Pestalozzianums oder aus der Gewerbeschule. Dieser unser lieber Freund und Kollege Fritz Graberg weilt nicht mehr unter uns, er ist ohne Schmerzen, ohne Leiden, in seinem Ruhestuhl ganz still in den ewigen Schlaf hinübergeschlummert. Er war die Selbstlosigkeit selbst, kannte keine Bedürfnisse, sich mit dem Einfachsten bescheidend. Wo aber gemeinnützig und bildend zu wirken war, war er immer zu finden, immer

bereit, auch unermüdlich tätig zu sein. Das Lehrlingspatronat, das Pestalozzianum können davon erzählen. Eng verwachsen war er mit der Gewerbeschule, er war ja, mit dem ihm vorausgeschiedenen Freund Otto Hunziker, deren Gründer. Seit dem Bestehen der Schule — sie wurde am 21. Dezember 1873 eröffnet — war Graberg bis zur Übernahme durch die Stadt zu Ostern 1893 im Vorstand des die Schule fördernden Gewerbeschulvereins und bis zu seinem Hinschied als Lehrer an der Gewerbeschule tätig. Er war stets bestrebt, seinen Zeichenunterricht so einzurichten, dass er für den Beruf und das entsprechende berufliche Zeichnen grundlegend war, und dass auch die schwächsten Schüler ihm folgen konnten. Oft gab er den Schwächsten der Klasse in seinem Hause aussergewöhnlichen Unterricht und ruhte nicht, bis er verstanden wurde. Die hohe Bildung, die er sich durch Selbststudium angeeignet hatte, befähigte ihn, den seelischen und physischen Vorgang im zeichnenden und denkenden Schüler zu beobachten und zu erklären, und unermüdlich waren seine Versuche zur Verbesserung der Lehrmethode, um leichtere Wege zum Verständnis zu finden. Die schwächsten und ärmsten Schüler waren seine stete Sorge. In den letzten Wochen noch sprach er seine Bedenken und seinen Kummer aus, ob sie bei der Reorganisation, die bevorstehe, nicht zu kurz kommen würden. Grabergs Name wird in den Annalen der Gewerbeschule immer einen guten Klang behalten; aber auch in andern gemeinnützigen Kreisen wird er nicht vergessen werden. (Anm. Die „N. Z. Ztg." hat in Herrn Graberg einen langjährigen treuen Mitarbeiter verloren. Der schlichte, von der Bedeutung seiner Aufgabe ganz erfüllte Mann war uns stets eine sympathische Erscheinung auf dem Redaktionsbureau.)

Eduard Hagenbach-Bischoff (1833—1910, Ehrenmitglied der Gesellschaft seit 1896).

Wir reproduzieren hier mit gütiger Erlaubnis des Verfassers den Nekrolog, den Prof. Dr. H. Veillon in der „Neuen Zürcher Zeitung" vom 1. Januar 1911 publiziert hat.

Am Tage nach Weihnachten erwiesen eine grosse Zahl Schüler, Freunde und Verehrer unter Anteilnahme der ganzen Bevölkerung Basels Herrn Prof. Dr. Ed. Hagenbach-Bischoff mit Gefühlen herzlicher Trauer die letzten Ehren. Nach dem Hinschied eines Mannes, der so sehr im öffentlichen Leben seiner Vaterstadt hervorgetreten ist, geziemt es sich, der Arbeiten und trefflichen Eigenschaften zu gedenken, welche seinen Namen weit über die Grenzen seines Heimatlandes als den eines sorgfältigen Forschers und ausgezeichneten Lehrers hinaustrugen.

Geboren 1833 zu Basel, absolvierte er das humanistische Gymnasium und das Pädagogium, um sich den exakten Wissenschaften zu widmen. In Basel, Berlin, Genf und Paris holte sich der junge lebens- und arbeitsfrohe Hagenbach die soliden wissenschaftlichen Grundlagen, auf welchen seine spätern Anschauungen, Urteile und Methoden beruhten. Besonders lebhaft erinnerte er sich noch bis in sein hohes Alter hinein des Unterrichtes seiner Hochschullehrer, Dove und Magnus in Berlin und Jamin in Paris, um nur auswärtige zu nennen. Die Zeit seiner Studentenjahre war eine für das wissenschaftliche Leben Europas besonders hervorragende; man denke nur daran, wie viele weltberühmte Errungenschaften von genialen Männern aus der ersten Hälfte der 1850er Jahre herrühren. Die Laboratorien sind noch spärlich vorhanden und ihre Ausrüstungen nach jetzigen Begriffen noch höchst unvollkommen; aber was konnte damals trotzdem der wissbegierige Student nicht alles mit-

erleben! Fizeau misst mit seiner Zahnradmethode die Geschwindigkeit des Lichtes, welche vor ihm nur auf astronomischem Wege hatte gefunden werden können; Foucault macht im Panthéon zu Paris seine klassischen Versuche über die Erdrotation; Clausius publiziert seinen zweiten Hauptsatz der Thermodynamik; Faraday legt den Grund zu unserer heutigen Theorie des Kraftfeldes; Hittorf formuliert seine Hypothese der Wanderung der Jonen; Plücker erstaunt die Physiker mit seinen lichtelektrischen Versuchen, welche ein Glied sind in der Geschichte der Entdeckung der Röntgenstrahlen; Kohlrausch fördert die elektrischen Messmethoden; Riemann bereichert die Mathematik mit seinen genialen Theorien.

Für all diese Dinge besass der junge Student Hagenbach ein offenes Auge und ein rasch erfassendes Verständnis. Diese glückliche, an Eindrücken so reiche Studienzeit beschloss er 1855 mit seinem Doktorexamen. Im darauffolgenden Jahre begann er seine Lehrtätigkeit durch Übernahme des Unterrichtes in Physik und Chemie an der damaligen Gewerbeschule, jetzt obere Realschule zu Basel. Nach einer sechsjährigen Tätigkeit an dieser Anstalt, in welche Zeit auch seine Habilitation fiel, wurde ihm die ordentliche Professur für Mathematik an der Universität übertragen, die er nur ein Jahr beibehielt. Wiedemann siedelte nämlich 1863 an die Technische Hochschule zu Braunschweig über, und da war Hagenbach der gegebene Mann, um den freigewordenen Lehrstuhl der Physik zu besetzen. Diese Professur hatte er bis 1906 inne, wo er aus Rücksichten für seine Gesundheit und sein vorgerücktes Alter sein Amt niederlegte. Während dieser fünfzigjährigen Tätigkeit trat Hagenbach wissenschaftlich mit etwa 35 Publikationen hervor, denen er noch viele andere angereiht hätte, wenn seine rege öffentliche Tätigkeit im Gemeinwesen seiner Vaterstadt nicht viele Opfer an Zeit und Musse von ihm verlangt hätte. Einige seiner Arbeiten mögen hier besonders hervorgehoben werden. Er beschäftigte sich mit der sogenannten Zähigkeit oder Viskosität der Flüssigkeiten und bekundete darin, wie sehr es ihm bei allen Problemen um vollständige Klarheit der Begriffe zu tun war. Er definiert sorgfältig den Begriff der Zähigkeit, stellt experimentell die des Wassers in absolutem Masse fest, ermittelt ihre Abhängigkeit von der Temperatur und leitet die Gesetze für das Fliessen einer Flüssigkeit in engen und weiten Röhren ab. Diese Gesetze enthalten das schon früher von Poiseuille aufgestellte Gesetz als Grenzfall. Eine weitere umfangreichere Untersuchung widmete er den Erscheinungen der Fluoreszenz, die er vornehmlich am Blattgrün in alkoholischer oder ätherischer Lösung studierte. In verschiedenen Abhandlungen, die von den Gelehrten sehr bemerkt wurden, legte Hagenbach eine grosse Menge von Beobachtungstatsachen über mehr als dreissig verschiedene Substanzen nieder. Eine Hauptsache bei diesen Untersuchungen bildete der Giltigkeitsbereich des Stokesschen Fluoreszenzgesetzes. Die Ansichten der Physiker gingen damals auseinander, und Lommels Einwendungen gaben zu einer wissenschaftlichen Polemik Anlass. Nach den heutigen Kenntnissen, insbesondere nach den hervorragenden Arbeiten von Wood weiss man jetzt, dass das Stokessche Gesetz doch nicht die unumschränkte Giltigkeit besitzt, welche ihm Hagenbach zuschrieb.

Ein anderes Arbeitsgebiet fand Hagenbach in unserer mächtigen schweizerischen Gletscherwelt. Das Gletscherkorn, sein Leben, sein Wachstum, die Struktur der Eiskristalle verfolgte er an Ort und Stelle mit dem Polarisationsmikroskop, er studierte im Gletscher die Tyndallschen Eisfiguren, mass mit seinem Freunde Forel die Temperatur des Eises im Innern des Gletschers

und verfolgte mit dem lebhaftesten Interesse die grossen Vermessungen, die infolge einer Anregung des Schweizerischen Alpenklubs während fünfundzwanzig Jahren am Rhonegletscher vorgenommen wurden. Als Präsident der Gletscherkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft war er berufen, vor grösseren auswärtigen Gesellschaften uber diese Messungen und über seine eigenen Untersuchungen am Gletschereis zu referieren. Seine Theorie über das Wachstum des Gletscherkorns steht auf der sichern physikalischen Grundlage der Plastizität und der Regelation.

Im Jahre 1886 finden wir eine Arbeit über die Fortpflanzung der Elektrizität im Telegraphendraht: die Linie Buchs-Olten-Luzern hatte das Versuchsfeld gebildet. Die Studie enthält eine Zusammenstellung aller frühern von andern Forschern erhaltenen Resultate; die eigenen Versuche Hagenbachs, welche sich hauptsächlich auf die Ladungszeit beziehen, zeigten, dass diese dem Quadrat der Länge proportional ist.

Aus dem Jahre 1891 stammt eine gemeinschaftlich mit seinem damaligen Assistenten Prof. Zehnder publizierte Untersuchung über die Natur der Funken bei den elektrischen Schwingungen, welche drei Jahre zuvor von Hertz entdeckt worden waren, und welche eine so feste Stütze für die Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorien brachten. Die Autoren machten hier auf verschiedene Schwierigkeiten und Unklarheiten aufmerksam, die sich noch in der genannten Theorie fanden. Ganz naturgemäss führten solche Versuche Hagenbach auch zum Studium der elektrischen Entladung in verdünntem Lichte. Er beschäftigte sich hier mit der altbekannten Erscheinung der elektrischen Ventilwirkung. Seit längerer Zeit hatte man nämlich beobachtet, dass in einer aus Spitze und Platte gebildeten Funkenstrecke die elektrische Entladung leichter den Weg von der Spitze zur Platte als umgekehrt einschlägt. Hagenbach untersuchte diese Verhältnisse im luftverdünnten Raum und entdeckte, dass bei einem gewissen Grade der Verdünnung die Wirkung sich umkehrt, und dass gerade in diesem Augenblicke die Röntgenstrahlen, die kurz zuvor entdeckt worden waren, auftreten.

Von grössern Arbeiten sei noch die letzte von Hagenbach publizierte erwähnt. Sie ist als Programm der Basler Universität 1900 gedruckt worden und behandelt den elektromagnetischen Rotationsversuch und die unipolare Induktion. Diese aus der Experimentalphysik bekannten Versuche hatten Prof. Lecher in Prag zu einer Kritik veranlasst, welche die herkömmliche Deutung als auf einem Trugschluss basierend darstellte. Mit grossem experimentellem Geschick und streng logisch-mathematischen Deduktionen bewies Hagenbach, dass das Biot-Savartsche Gesetz in Verbindung mit dem Satz der Erhaltung der Energie vollkommen ausreiche, um die sämtlichen hierher gehörenden Erscheinungen zu erklären.

Von kleineren Arbeiten Hagenbachs finden wir beim Durchblättern der Zeitschriften eine grössere Anzahl, welche alle von seiner scharfen Kritik und von seinem experimentellen Geschick Zeugnis ablegen. Wir erwähnen eine Studie über die Begriffe der Mechanik in der Physik, die Angabe eines sinnreichen Apparates zur Demonstration der Planetenbewegung und der Keplerschen Gesetze, seine Untersuchungen über die Schmelzung von Bleigeschossen beim Aufschlagen auf eiserne Platten, einige Versuche über Reibungselektrizität, eine Rede über die Zielpunkte der physikalischen Wissenschaften, die Polarisation des Lichtes in der Atmosphäre, seine Messungen an der Bürginschen Dynamomaschine, seine hübschen, mit Prof. Emden ausgeführten Vorlesungs-

versuche der auf einem Wasser- oder Luftstrahl schwebenden Kugel, seine Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die Statistik, die Übertragung hoher Töne durch das Telephon.

Den grossen Umwälzungen, welche die Anschauungen in der Physik während der letzten Dezennien so gründlich modifizierten, stand Hagenbach oft etwas skeptisch gegenüber. Seine Ansichten wurzelten im Boden der Newtonschen Hypothese von der unvermittelten Fernwirkung, und die gewaltige Herrschaft, welche noch heutzutage die Newtonschen Prinzipien in einzelnen Teilen der Physik, wie insbesondere bei der allgemeinen Gravitation besitzen, liessen Hagenbach überzeugt sein, dass viele der neuentdeckten Erscheinungen und Gesetze noch nicht mit zwingender Notwendigkeit eine Zuflucht zu den jetzt verbreiteten Ansichten der vermittelten Fernewirkung erfordern.

Gehen wir jetzt über zu Hagenbachs Leistungen als Lehrers der Physik, als Förderers des Unterrichtswesens in Basel und als Popularisators der Wissenschaft. Als Professor wirkte er besonders segensreich durch die grosse Überzeugungskraft seiner Rede, durch das meisterhafte Anordnen des Stoffes und durch den nie versagenden Eifer, mit welchem er sich so offenkundig bemühte, den Eindruck vollkommener Klarheit zu erwecken. Durch das grosse technische Geschick seines treuen Vorlesungsgehilfen und Mechanikers unterstützt, gestaltete er sein Hauptkolleg zu einem musterhaften Gesamtbilde der Physik, in welchem alljährlich nach Möglichkeit auch die neuesten Errungenschaften ihren Platz erhielten. In Spezialvorlesungen, Seminarien und Übungen war er ein echter Meister und Pädagoge, und wer Gelegenheit gehabt hat, in Spezialforschungen mit ihm tätig zu sein, der wird nie vergessen, wie er es verstand, bei wissenschaftlichen Fragen die Untersuchungen an einer unwidersprochenen Tatsache zu beginnen. Wer unter vier Augen ihm eine wissenschaftliche Frage vorlegte, kehrte in der Regel auch mit einer beruhigenden klaren Antwort zurück.

Für das Basler Unterrichtswesen war der Bau des Bernoullianums (1872) von ganz hervorragender Bedeutung, und das eminente Organisationstalent Hagenbachs bildete einen der wichtigsten Faktoren in der Konzeption und Durchführung des für die damaligen Verhältnisse grossen Unternehmens. Es ist hier nicht der Ort, eine geschichtliche Darstellung der Entwicklung jenes Baues zu geben; wir wollen nur anführen, dass es hauptsächlich Hagenbachs persönlichem Einfluss zu verdanken war, wenn etwa 90 Prozent der auf etwas über 400,000 Fr. sich belaufenden Kosten durch freiwillige Spenden zusammenflossen. Die Anstalt diente ausser der Physik noch der Chemie, der Astronomie und der Meteorologie; die innere Ausrüstung, insbesondere die physikalische mit ihrer wertvollen, gut katalogisierten Sammlung, die mehrere historisch wertvolle Instrumente enthält, ist Hagenbachs Werk. Als 1874 die Einweihung stattfand, erfreute sich die ganze Einrichtung über die Grenzen des Landes hinaus grosser Anerkennung.

Enge verwachsen mit der Geschichte des Bernoullianums ist die der öffentlichen populären Vorträge in Basel. Diese Institution ist wohl eine der ältesten dieser Art, denn sie funktioniert seit 47 Jahren auf Kosten freiwilliger Beiträge. An der Gründung dieses Unternehmens, das jährlich im Winter zirka dreissig Vorträge aus allen Wissensgebieten bietet, war Hagenbach sehr stark beteiligt, und er übernahm in der Kommission die Präsidentschaft, die er bis zu seinem Tode beibehielt. Diese Vorträge erfreuten sich einer so stetig zunehmenden Popularität, dass der Bau eines besonders hiefür bestimmten Hör-

saales dringendes Bedürfnis wurde. Diese Frage wurde anfangs der 1870er Jahre mit dem Plane der Gründung des Bernoullianums verflochten, und gerade dieser Umstand bewirkte das oben erwähnte schöne Entgegenkommen eines opfersinnigen Teiles der Basler Bevölkerung. Nicht allein organisatorisch, sondern auch mitwirkend beteiligte sich Hagenbach an dieser „University extension“, indem er hier allein 123 Vorträge hielt, für welche sich der Saal stets bis auf den letzten Winkel anzufüllen pflegte.

Zum Schlusse wollen wir von den gelehrten Gesellschaften, denen Hagenbach angehörte, nur die Basler Naturforschende Gesellschaft und die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft nennen, deren Sitzungen er mit der grössten Regelmässigkeit besuchte und öfters durch Vorträge und Diskussionen beleben half. In beiden Gesellschaften bekleidete er zeitweise die höchsten Ämter.

Mit Hagenbach ist seinen Kollegen, Schülern und Freunden eine Persönlichkeit entrissen worden, die ihnen unvergesslich bleiben wird.

Sitzungsberichte von 1910.

Sitzung vom 10. Januar 1910 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Behrend G. Escher wird einstimmig als Mitglied in die Gesellschaft aufgenommen.

Herr Dr. G. du Pasquier hält einen Vortrag betitelt: „Die Entwicklung der Tontinen und ähnlicher Lebensversicherungsinstitutionen".

An der Diskussion beteiligen sich Herr Prof. Standfuss und der Vortragende.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Sitzung vom 24. Januar 1910 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Vizepräsident Prof. Dr. K. Hescheler.

Das Protokoll der letzten Sitzung erhält die Genehmigung.

Der Vorsitzende teilt mit, dass der Präsident, Herr Prof. Standfuss, wegen Erkrankung nicht an der Sitzung teilnehmen kann. Er macht ferner bekannt, dass die Veranstalter der Grönland-Ausstellung im Helmhaus sich den die Ausstellung besuchenden Mitgliedern unserer Gesellschaft zur Führung und Erklärung an zwei Vormittagen freundlich zur Verfügung stellen und ladet die Gesellschaft zum Besuche der hochinteressanten Ausstellung angelegentlichst ein. Herr Prof. Dr. Albert Heim hält einen Vortrag über: „Der jetzige Stand der Erdbebenforschung".

Die Diskussion wird benützt von Herrn Prof. Früh.

Herr Dr. Hans Frey hält einen Vortrag betitelt: „Mitteilungen über den Stäfner Stein".

An der Diskussion beteiligt sich Herr Dr. Gogarten.

Schluss der Sitzung gegen 10½ Uhr.

Sitzung vom 7. Februar 1910 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Durch den Tod sind unserer Gesellschaft entrissen worden: die Herren Prof. Dr. Kohlrausch in Marburg, Ehrenmitglied, und W. Burkardt-Streuli. Zu Ehren der Verstorbenen erheben sich die Anwesenden von ihren Sitzen. Herr Prof. Standfuss verliest ein Schreiben, von Herrn Prof. Rudio unterzeichnet, der Schweiz. Eulerkommission an unsere Gesellschaft zu Handen ihrer Eulerkommission, worin sie der Anerkennung und ihrem Danke für die Mithülfe und Unterstützung beredten Ausdruck gibt.

Herr Dr. J. Maurer, Direktor der Schweiz. meteorologischen Zentralanstalt hält einen Vortrag: „Aus langjährigen Aufzeichnungen der Niederschläge unseres Landes, insbesondere des Schnees".

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Prof. Früh, Dr. de Quervain, Prof. Schröter und Flury.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Sitzung vom 21. Februar 1910 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft hat sich angemeldet: Herr Walter Mertens, Gartenarchitekt, empfohlen durch Herrn Prof. Standfuss.

Es halten Demonstrationen ab die Herren:

Dr. A. de Quervain: Über eigentumliche Schallverbreitung bei der Jungfraubahn-Dynamitexplosion.

Prof. Dr. A. Werner: Das Ultramikroskop.

Prof. Dr. M. Standfuss: Übersicht über die Ergebnisse eines Zuchtexperimentes mit den Mutationen unseres Nagelfleckes (Aglia tau L.).

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Hauptversammlung Montag den 30. Mai 1910 auf Zimmerleuten.

Beginn 7 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Anwesend die Herren: Prof. Schinz, Dr. Kronauer, Prof. Rudio, Prof. Schröter, Escher-Kündig, Dr. Gogarten, Dr. Rübel, Prof. Heim, Jänike. E. Huber-Stockar und der Aktuar Dr. E. Schoch haben ihre Abwesenheit entschuldigt.

Die Traktandenliste und das Protokoll werden genehmigt.

Der Quästor, Herr Dr. Kronauer, legt den Rechnungsbericht für das Jahr 1909 vor.

Die Einnahmen der Gesellschaft im Jahre 1909 betrugen Fr. 14,093.09.

Nämlich:

Zinsen von Kapitalien	Fr.	4,339.65
Verkauf von Neujahrsblättern	„	516.09
Beiträge der Mitglieder	„	4,785.—
Verkauf von Katalogen	„	40.—
„ der Vierteljahrsschrift	„	196.05
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	3,200.—
Allerlei	„	16.30
Legate	„	1,000.—

Die Ausgaben betrugen Fr. 14,822.05.

Nämlich:

Für Bücher	Fr.	5,372.34
„ Buchbinderarbeiten	„	768.65
„ das Neujahrsblatt	„	693.55
„ die Vierteljahrsschrift	„	4,554.10
„ Katalogisierungsarbeiten (Zentralkatalog)	„	8.21
„ Miete und Heizung	„	135.10
„ Besoldungen	„	2,516.40
„ Verwaltung	„	763.55
„ Allerlei	„	10.15

Gegenüber dem Voranschlag ergibt sich für die Einnahmen ein Mehrbetrag von Fr. 1,093.—, herrührend hauptsächlich davon, dass der Gesellschaft von zwei verstorbenen Mitgliedern (Dr. Escher und F. Brunner) je Fr. 500.— testiert wurden. Ferner hat der Verkauf der Neujahrsblätter einen etwas höheren Beitrag eingebracht als veranschlagt war. Die Ausgaben dagegen

überschritten den Voranschlag um Fr. 1,822.05. Zu diesem Überschusse trugen hauptsächlich bei: die Posten Bücher und Büchereinbände mit Fr. 1100.—, herrührend von einer starken Häufung von Lieferungswerken, der Posten Vierteljahrsschrift mit Fr. 350.—, der Posten Neujahrsblatt mit Fr. 190.— und der Posten Verwaltung mit Fr. 160.—, indem bei letzterem die Porti und die Drucksachen einen relativ hohen Betrag erforderten.

Der Überschuss der Ausgaben über die Einnahmen beträgt Fr. 728.96, das Gesamtvermögen stellt sich somit auf Ende 1909 auf Fr. 85,975.20, wovon auf den Hauptfond Fr. 79,475.20, auf den Illustrationsfond Fr. 6500.— entfallen, welch' letzterer sich im Laufe des Jahres 1909 weder vermehrt noch vermindert hat.

Die beiden Rechnungsrevisoren Dr. v. Schulthess und Prof. Gysi haben die Rechnung geprüft und in allen Teilen richtig befunden; sie wird auf ihren Antrag dem Quästor abgenommen und bestens verdankt.

Der vom Vorstande für das Jahr 1910 festgestellte Voranschlag lautet:

Einnahmen:

Zinsen von Kapitalien	Fr.	4,300.—
Mitglieder-Beiträge	„	4,700.—
Neujahrsblätter	„	400.—
Kataloge	„	12.—
Vierteljahrsschriften	„	200.—
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	3,200.—
Allerlei	„	18.—
Zusammen	Fr.	12,830.—

Ausgaben:

Bücher	Fr.	4,650.—
Buchbinderarbeiten	„	970.—
Neujahrsblatt	„	500.—
Vierteljahrsschrift	„	4,350.—
Katalogisierungsarbeiten	„	20.—
Miete und Heizung	„	120.—
Besoldungen	„	2,500.—
Verwaltung	„	700.—
Allerlei	„	20.—
Zusammen	Fr.	13,830.—

Die Einnahmen sind so eingesetzt, wie sie sich bei normalem Verlauf voraussichtlich gestalten werden. Für die Mitgliederbeiträge musste eine kleinere Summe angesetzt werden als im letztjährigen Voranschlag, da der starke Abgang durch Tod, Wegzug aus der Schweiz und durch Austritt bei weitem nicht gedeckt ist durch den Neueintritt von Mitgliedern. Der Staatsbeitrag, um den jedes Jahr neu eingekommen werden muss, während die Beiträge der Stadt und des Museums für eine Reihe von Jahren festgelegt sind, wird wiederum zu Fr. 1500.— angenommen.

Die Summe der Ausgaben ist um Fr. 1000.— höher angesetzt als die Summe der Einnahmen, weil es sich nach den Erfahrungen der letzten Jahre deutlich gezeigt hat, dass besonders mit Hinsicht auf die Bücheranschaffungen und eine würdige Ausstattung der Vierteljahrsschrift, welche ja durch den Tauschverkehr auch im Interesse der Bibliothek liegt, der oben genannte

Einnahmenansatz einfach nicht ausreichend ist. Der Berichterstatter erlaubt sich aber den Wunsch und die Hoffnung auszusprechen, es möchten sich wiederum den Interessen der Gesellschaft wohlgesinnte Männer finden, die durch freiwillige Beiträge der Gesellschaft zu helfen geneigt sind. Anderseits sollte es möglich sein, die Mitgliederzahl wieder zu vermehren, so dass dann wenigstens in den folgenden Jahren sowohl der Voranschlag als auch das wirkliche Rechnungsergebnis ohne ein erhebliches Defizit abzuschliessen braucht.

Bericht des Aktuars Dr. E. Schoch über die wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft 1909/10.

Die Hauptversammlung mit eingeschlossen wurden im Berichtsjahr neun ordentliche Sitzungen abgehalten mit insgesamt 11 Vorträgen und Demonstrationen, die in folgende Disziplinen fallen:

1 auf Mathematik, 1 auf Chemie, 3 auf Zoologie, 3 auf Geologie, 1 auf Geographie, 2 auf Meteorologie.

a) Vorträge:

1. Dr. E. Gogarten: Die Entstehung der alpinen Randseen.
2. Dr. Th. Herzog: Reisebilder aus Ostbolivia.
3. Dr. K. Bretscher: Die Massnahmen zur Erhaltung unserer Vogelwelt.
4. a) Dr. Arnold Heim: Über die Geologie von Nordwest-Grönland.
   b) Dr. E. Baebler: Über die tierischen Bewohner der nivalen Region Westgrönlands verglichen mit denen unserer Alpen.
5. Dr. du Pasquier: Die Entwicklung der Tontinen und ähnlicher Lebensversicherungsinstitutionen.
6. Prof. Dr. Albert Heim: Über den jetzigen Stand der Erdbebenforschung.
7. Dir. Dr. J. Maurer: Aus langjährigen Aufzeichnungen der Niederschläge unseres Landes, insbesondere des Schnees.

b) Demonstrationen:

1. Dr. A. de Quervain: Über eigentümliche Schallverbreitung bei der Jungfraubahn-Dynamitexplosion.
2. Prof. Dr. A. Werner: Das Ultramikroskop.
3. Prof. Dr. M. Standfuss: Über das Ergebnis eines Zuchtexperimentes mit den Mutationen unseres Nagelflecks (Aglia tau L.).

Vierteljahrsschrift.

Der 54. Jahrgang der Vierteljahrsschrift umfasst 551 Seiten mit 19 Abhandlungen von 16 verschiedenen Verfassern. 1 dieser Abhandlungen stammt aus dem Gebiete der Astronomie, 5 der Mathematik, 1 der Botanik, 1 der Chemie, 2 der Palaeontologie, 4 der Geologie, 1 der Mineralogie, 1 der Bakteriologie, 3 der Schweiz. Kulturgeschichte.

Das Schlussheft enthält die Berichte über Jahresrechnung, Sitzungen, Bibliothek, sowie ein auf 31. Dezember 1910 abgeschlossenes Mitgliederverzeichnis.

Neujahrsblatt.

Das Neujahrsblatt auf das Jahr 1910, 112. Stück, wurde von Herrn Dr. Th. Herzog verfasst; es trägt den Titel: Reisebilder aus Ost-Bolivia und umfasst 37 Seiten mit 6 Tafeln.

Der Mitgliederbestand der Gesellschaft zeigt dem Vorjahre gegenüber folgende Veränderungen: Gestorben sind im Berichtsjahre die Herren: Prof. Dr. Herzog, Joh. Rud. Brunner, Prof. Dr. Kohlrausch, Ehrenmitglied, und W. Burkhard-Streuli. Ausgetreten ist Prof. Gouzy. Neuaufgenommen wurden 4 Mitglieder. Ende Dezember 1909 zählt die Naturforschende Gesellschaft 16 Ehrenmitglieder, 2 korrespondierende Mitglieder, 291 ordentliche Mitglieder.

Bibliotheksbericht.

Der Bibliothekar, Herr Prof. Dr. Hans Schinz, verliest den Bibliotheksbericht des Jahres 1909.

Zahl der Entleiher: 127 mit 1920 Werken (ohne die Serien bei den Herren Professoren Lang, Werner und Schinz) (1908: 129 Entleiher, 1884 Werke). Besucher des Lesesaales: durchschnittlich 12 Personen täglich.

Anzahl der Tauschgesellschaften: a) Schweiz 41; b) Deutschland 109; c) Österreich-Ungarn 43; d) Holland 13; e) Dänemark, Schweden, Norwegen 20; f) Frankreich 38; g) Belgien 11; h) England 35; i) Italien 30; k) Spanien, Portugal 8; l) Russland, Rumänien 23; m) Amerika 101; n) übrige Länder 27. Total 499 (1908: 492). Eingegangen ist keine.

Zahl der angeschafften Periodica: a) Akademien, Allgemeines 31; b) Astronomie, Meteorologie 4; c) Botanik 16; d) Geographie, Ethnographie 10; e) Geologie, Petrographie, Mineralogie, Palaeontologie 20; f) Mathematik 14; g) Physik, Chemie 16; h) Zoologie 17. Zusammen 128 (1908: 127).

Anlässlich der im September durchgeführten Revision wurde das Vorhandensein des gesamten Bibliotheksbestandes festgestellt.

Von den gemeinsamen Zuwachsverzeichnissen der stadtzürcherischen Bibliotheken gelangten im Jahre 1909 zur Ausgabe: 1908 Jahrgang XII, Heft 1–4.

Der Verkehr mit dem Lesemuseum, die Mappenzirkulation und der Tauschverkehr wickelten sich ordnungsgemäss ab.

Aktuariats- und Bibliotheksbericht werden unter bester Verdankung genehmigt.

Wahlen:

Es werden gewählt: a) Zum Präsidenten: Prof. Dr. C. Schröter,
b) „ Vizepräsidenten: Ing. E. Huber-Stockar,
c) „ I. Beisitzer: Prof Dr. M. Standfuss,
d) „ II. „ Prof. Dr. C. Egli.

Aktuar, Quästor und Bibliothekar bleiben ausser der Wahl.

Schluss der Sitzung 8 Uhr.

Ausserordentliche Sitzung vom 6. Juni 1910 in den Übungssälen der Tonhalle.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Die Sitzung ist von ca. 300 Damen und Herren besucht, da man freies Einführungsrecht gewährt hatte.

Der Vorsitzende begrüsst die Anwesenden und weist darauf hin, dass der Vortragende, Prof. Dr. Zangger, die ganze Veranstaltung in uneigennützigster Weise auf sich genommen habe; er benützt die Anwesenheit so zahlreicher Gäste, einen warmen Appell zur Unterstützung unserer Bestrebungen an sie zu richten und zum Eintritt in unsere Gesellschaft aufzufordern.

Ferner teilt der Vorsitzende mit, dass sich zum Eintritt angemeldet hat:

Herr Prof. Dr. C. Bredig, Professor der physikalischen Chemie und Elektrochemie am Polytechnikum.

Hierauf hält Herr Prof. Dr. Zangger seine Demonstration kinematographischer Aufnahmen mikroskopischer und ultramikroskopischer Objekte aus verschiedenen biologischen Gebieten. Die Projektionen werden in ausgezeichneter Weise durch Herrn E. Ganz geleitet.

Mitteilung an die verehrten Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.

Ihr Vorstand hat in Übereinstimmung mit der Redaktionskommission beschlossen, dass

1. in Zukunft die Sitzungsprotokolle Referate der Vorträge enthalten sollen;
2. diese erweiterten Protokolle den Mitgliedern mit der Einladung zugestellt werden sollen.

Sie erhalten in Ausführung dieser Beschlüsse heute zum ersten Male diese neue erweiterte Form der Einladung. Die Vorteile dieser Neuerung sind einleuchtend: es wird ein engerer Kontakt zwischen Sitzungen und Gesellschaftsorgan geschaffen; jedes Mitglied wird ständig auf dem Laufenden gehalten über die Sitzungen, die Vorträge finden einen bleibenden Niederschlag, und eventuelle Prioritätsansprüche können gewahrt werden. So hoffen wir denn, dass diese Einrichtung, mit welcher die waadtländische naturforschende Gesellschaft sehr gute Erfahrungen gemacht hat, auch bei uns allgemeine Billigung finden werde.

Selbstverständlich sollen diese Protokolle, die ein jeder gedruckt in Händen hat, in der nächsten Sitzung nicht mehr verlesen werden. Wir machen hier ganz speziell darauf aufmerksam, damit diejenigen Mitglieder, welche Bemerkungen zum Protokoll zu machen haben, sich das jetzt schon vormerken mögen. Es ist dieser Zeitgewinn ein weiterer Vorteil der neuen Einrichtung.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Der Vorstand.

Protokoll der Sitzung vom 31. Oktober auf Zimmerleuten.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Der Vorsitzende begrüsst die zur ersten Wintersitzung in grosser Zahl (170) erschienenen Mitglieder und Gäste. Er gedenkt des jüngst verstorbenen Mitgliedes Prof. Dr. U. Krönlein, zu dessen Ehren die Versammelten sich von ihren Sitzen erheben.

Die Protokolle der letzten zwei Sitzungen werden verlesen und genehmigt.

Herr Dr. Bredig, Prof. für Elektrochemie und physikalische Chemie am eidg. Polytechnikum, wird einstimmig zum Mitglied gewählt.

Mitteilungen des Vorstandes:

In die kantonale Naturschutzkommission wurde an Stelle des wegen Arbeitsüberhäufung zurücktretenden Herrn Prof. Dr. A. Heim vom Vorstand Herr Prof. Dr. A. Aeppli gewählt.

Herr Prof. Dr. Paul Dutoit in Lausanne ist vom internationalen Kongress für angewandte Chemie beauftragt worden, alle in der Schweiz erscheinenden Daten aus der reinen und angewandten Chemie zu sammeln, für eine jährlich zu publizierende Sammlung von Konstanten. Er ersuchte unsere Gesellschaft, ihm die in unserer Vierteljahrsschrift erscheinenden bezüglichen Arbeiten zukommen zu lassen. Der Redaktor derselben wies die Druckerei an, das regelmässig auf Kosten der Gesellschaft zu besorgen.

Der Vorstand der ostschweizerischen Gesellschaft für Luftschiffahrt hat in zuvorkommender Weise unsere Gesellschaft zur Teilnahme an einem Vortrag von Herrn Ingenieur Drexler über Flugtechnik eingeladen, was wärmstens verdankt wurde. Der Vorsitzende teilt mit, dass der Vorstand demnächst auch für unsere Gesellschaft einen solchen Vortrag zu veranstalten beabsichtigt (siehe folgendes Protokoll).

Als Delegierte an den internationalen Entomologen-Kongress wurden die Herren Dr. Schulthess-Schindler und Direktor Dr. Ris von Rheinau bezeichnet, welche diese Mission freundlichst übernommen haben; die Bibliothek hat auf die Verhandlungen des Kongresses abonniert.

Mit grosser Genugtuung konstatierte der Vorsitzende, dass der Aufruf des Vorstandes zur Gewinnung neuer Mitglieder schon begonnen habe, einen ersten Erfolg zu zeitigen, der sich hoffentlich noch weiter fortsetzen werde. Es haben sich 37 neue Mitglieder zur Aufnahme in die Gesellschaft angemeldet. Es sind dies folgende Damen und Herren:

Fritz Baeschlin, Prof. der Geodäsie am eidg. Polytechnikum,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.

Dr. Oskar Baudisch, dipl. Fachlehrer, Assistent an der Universität Zürich
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.

Dr. Eugen Baumann, Botaniker, Kilchberg,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.

Dr. Moritz Baumann-Näf, Chemiker, Zürich,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.

Hans Baur-Widmer, Architekt, Zürich,
angemeldet von Herrn Dr. E. Schoch.

Direktor Emil Bitterli, Ingenieur, Zürich,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.

Dr. Albert Einstein, Prof. der Physik an der Universität Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. Marc. Grossmann.

Dr. Fritz Fassbender, Lehrer an der kantonalen Handelsschule,
angemeldet von Herrn Prof. Dr. H. Bosshard,

Dr. med. Ludwig Frank, Arzt, Zürich,
angemeldet von Herrn Dr. Maier.

Karl Grün, Assistent am botan.-physiolog. Laboratorium der Universität Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. A. Ernst.

Paul Hefti, Kantonsforstadjunkt, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.

Dr. med. Karl Henschen, Privatdozent für Chirurgie und Sekundararzt der [chirurg. Klinik der Universität Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. Hans Schinz.

Prof. K. E. Hilgard, Ingenieur-Konsulent, ehem. Prof. am Polytechnikum Zürich
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.

Daniel Holzach-Rosselet, Chemiker, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. M. Standfuss.

Hans Huber, cand. med., Zürich,
angemeldet von Herrn Dr. Bluntschli-Bavier.

Dr. Robert Huber, Prof. an der Kantonsschule Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. Karl Egli.

Dr. Jak. Hug, Sekundarlehrer, Zürich,
angemeldet von Herrn Dr. Hans Meierhofer.

Dr. Gustav Jantsch, Assistent am chem. Universitätslaboratorium Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. A. Schweitzer.
Nikolaus Janzen, stud. rer. nat., Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. A. Ernst.
Dr. med. Otto Kollbrunner, Arzt, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Dr. Walter Lehmann, Lehrer am freien Gymnasium Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Dr. med. Hans Meyer-Rüegg, Arzt u. Privatdozent a. d. Universität Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Albert Pünter, Sekundarlehrer, Uster,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Dr. Ernst Rüst, Prof. an der Kantonsschule Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. Karl Egli.
Arnold Rusterholz, Prof. a. d. veterinärmed. Fakultät d. Universität Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. E. Zschokke.
Alfred Schaufelberger, Sekundarlehrer,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Hans Schulthess-Hünerwadel, Verlagsbuchhändler, Zürich,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.
Carl Seelig, Chemiker, Zürich, angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.
Adolf Spitteler, ehem. Beamter des indischen Agrikultur-Departements, Zürich
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Bernh. Staub-Elmenhorst, Kaufmann, Zürich,
angemeldet von Herrn Alb. Müller.
Dr. Alfred Steiner, Gymnasiallehrer, Zürich,
angemeldet von Herrn Rektor Beck.
Dr. Hans Stierlin, Prof. der Mathematik und Physik am Gymnasium,
angemeldet von Herrn Prof. A. Kleiner.
Dr. med. Joh. Suter, Arzt, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Karl Paul Täuber, Ingenieur, Zürich,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.
Dr. Alfred Usteri, Sekundarlehrer, Dübendorf,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Frl. Ida Wachter, stud. phil. und Sekundarlehrerin, Feldmeilen,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Dr. med. Th. Wyder, Prof. an der Universität Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. G. Lunge.

Über die Aufnahme dieser neuen Mitglieder soll am 14. November abgestimmt werden.

Hierauf hält Prof. Dr. A. Lang einen Vortrag über „Fortschritte in der exakten Erblichkeitslehre". Einleitend gab der Redner, in Rekapitulation eines früher gehaltenen Vortrags, eine Übersicht über die Hauptpunkte der Mendelschen Vererbungslehre, die bekanntlich von Abt Gregor Mendel, in Brünn im Jahre 1865 begründet wurde, aber damals ganz unverstanden und unbeachtet blieb, bis sie im Jahre 1900 gleichzeitig und unabhängig von einander die drei Botaniker Correns in Leipzig, Tschermak in Wien und Hugo de Vries in Amsterdam wieder zu Ehren zogen. Seither hat sich auf Grund

dieser Prinzipien eine ganz neue, verheissungsvolle Disziplin aufgebaut, die exakte experimentelle Vererbungslehre. Hunderte von Forschern in Deutschland, Österreich, Frankreich, England und besonders in Nordamerika, wo eigene grosse Institute für „genetics“ existieren, beschäftigen sich jetzt mit sorgfältigen, mühsamen Zuchtversuchen, wobei die verschiedenen Generationen bei Kreuzungsversuchen scharf getrennt, die Nachkommen einzelner Individuen verfolgt, die Einzeleigenschaften präzisiert und alle Beobachtungen zahlengemäss fixiert werden. So wird auf empirischer Grundlage ein Gebiet langsam aufgebaut, das bisher vorzugsweise der Tummelplatz kühner Spekulationen war, die den ganz ungenügend bekannten Tatsachen weit vorauseilten.

Die Grundanschauung der exakten Erblichkeitslehre ist die Lehre von der Selbständigkeit der einzelnen Merkmale, die Auffassung jedes Lebewesens als einer Art Mosaik aus seinen verschiedenen Eigenschaften, die selten miteinander fest verbunden sind, sondern namentlich bei Kreuzungen in den Nachkommen sich trennen („spalten“) und frei kombinieren können. Ferner die Vorstellung, dass entweder jedes Merkmal, jede „Erbeinheit“ in der Keimzelle durch eine Anlage, ein „Gen“ vertreten sei, oder aber einem äussern Merkmale mehrere Gen zugrunde liegen, oder ein Gen mehrere sichtbare Merkmale verursacht. Dabei verzichtet aber die exakte Erblichkeitslehre im Gegensatz zu früheren Vererbungstheorien, namentlich der Weismann'schen, ausdrücklich auf irgend welche Hypothese über die Natur dieser „Gene“. Eine Nach-Mendelsche Errungenschaft ist die sogenannte „Presence and absence Hypothesis“, wonach jedem positiven wirksamen Gen ein negatives entspricht. Z. B. bei Nagetieren spricht man von einem Gen für farbstofferzeugende Stoffe: Tiere, die dieses Gen besitzen, zeigen einen gefärbten Pelz, Tiere, denen es fehlt, haben das Gen für Farblosigkeit, sind Albinos. Kreuzt man ein gefärbtes mit einem farblosen Tier, kommen also in einer Keimzelle zwei verschiedene Gen zusammen (eine solche Keimzelle heisst „heterozygotisch“), so dominiert erfahrungsgemäss die Färbung über die Farblosigkeit.

Durch ungezählte Kreuzungsversuche hat man allmählich eine förmliche „Hierarchie“ gewisser positiver Gene festgestellt, d. h. herausgebracht, welche Gene andere unterdrücken, andere gleichsam aufheben. Bei den Nagetieren z. B. besteht nach den Untersuchungen zahlreicher Forscher folgende Reihe (nach den Dominanzen geordnet: Farbgebende Substanz, Wildgrau (entstanden durch gelbe Binden an schwarzen Haaren), Schwarz, Braun, viel Pigment und Einfarbigkeit. Jedes einzelne dieser positiven Gene dominiert selbstverständlich über sein negatives Widerspiel. Kennt man also genau die Abstammung und damit auch die „Formel“ eines Tieres, d. h. die in seinen Keimzellen vorhandenen Gene, die in der befruchteten Keimzelle natürlich immer paarweise auftreten (homozygotisch, wenn das Paar aus zwei gleichen, heterozygotisch, wenn es aus zwei verschiedenen Genen besteht), so kann man mit mathematischer Sicherheit die Färbungen der Nachkommen berechnen. Man konstruiert zunächt die Formeln der beiderlei Geschlechtszellen des betreffenden Tieres (der „Gameten“) nach der Spaltungsregel, welche besagt, dass die in dem Tiere paarweise vereinigten Gene sich bei der Bildung der Geschlechtszellen von einander „verabschieden“. Dann stellt man alle möglichen Kombinationen dieser „Gameten“ zusammen und erhält so die „Formeln“ für die Nachkommen, welche jeweilen genau mit den Tatsachen stimmen. Prof. Lang, der seit Jahren Schnecken in hunderten von Kulturen zu solchen Studien züchtet, hat an denselben dieses Gesetz durchaus bestätigt gefunden. Kommen bei solchen Kreuzungen Kombinationen

zustande, welche einem primitiven Zustand der Art entsprechen, so spricht man von „Kreuzungsrückschlägen".

Die exakte Erblichkeitslehre hat auch dem in Vor-Mendelscher Zeit so unklaren Begriff der „Latenz", d. h. des Nichtauftretens eines Merkmales, eine klare Analyse verschafft. Sie zeigt, dass ganz verschiedene Fälle darunter versteckt sind.

Von „Deckungslatenz" spricht man, wenn eine Eigenschaft wohl vorhanden ist, aber durch eine andere verdeckt wird: z. B. braune Farbe durch Schwarz. Bei Kreuzungen kann aber dann das Braun in der zweiten Generation wieder vortreten.

Von „Hemmungslatenz" spricht man, wenn ein positiver Charakter in der Heterozygote wegen eines von der andern Elternform herrührenden Hemmungsgens sich nicht zeigen kann (z. B. bei Dominanz von Weiss über Farbigkeit).

Unter „Trennungslatenz" versteht man das Fehlen einer Eigenschaft, weil sie nur durch das Zusammentreffen von zwei Anlagen entsteht, weil aber die eine Anlage („Gen") fehlt. Das ist eine der wichtigsten Errungenschaften des „Mendelismus", gezeigt zu haben, dass bei Kreuzung scheinbar ganz neu auftretende Eigenschaften („Kreuzungsnova") schon vorhanden waren, aber dass ihre zwei Gene eben getrennt waren und jetzt erst durch das Zusammentreffen derselben die Eigenschaft möglich wird. Gerade wie eine chemische Verbindung erst durch das Zusammentreffen ihrer Elemente möglich wird und in Erscheinung tritt.

„Latenz durch Lebenslage" wird dann hervorgebracht, wenn durch ungunstige äussere Verhältnisse die betreffende, in Anlage vorhandene Eigenschaft nicht zur Entwicklung kommt. Herr Prof. Schellenberg machte in der Diskussion darauf aufmerksam, wie tröstlich dieser Begriff für unsere Getreidebauern ist: wenn in diesem schlechten Sommer ein schlechtes Produkt geerntet wurde, so ist der Landwirt doch sicher, dass die Körner alle die „Gene" enthalten, welche im hoffentlich besseren nächsten Sommer ein gutes Produkt erzeugen werden. Durch das schlechte Wetter ist die „genotypische Grundlage" nicht geändert, sondern nur der „Phaenotypus", das durch die Lebenslage bedingte Aussehen der Individuen.

So sehen wir die feinere Analyse immer mehr in die unendliche Komplikation der Eigenschaftskombinationen eindringen, eine Analyse, die sich auf zahlengemasse Konstatierung stützt. Wir erkennen, dass wir hier erst am Anfang der Erkenntnis sind, und „dass das schliesslich zu erstrebende synthetische Gesamtbild schwerer und schwerer erreichbar scheint" (Johannsen). Das ist ein Grund zur Bescheidenheit, aber auch zu unablässigem Weiterführen der Detailforschung.

Der zweite Vortrag von Herrn Prof. Lang über dasselbe Thema wird am 28. November stattfinden.

Protokoll der ausserordentlichen Sitzung vom 9. November 1910, abends 8 Uhr, im Schwurgerichtssaal.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Der Vorsitzende heisst die zahlreich erschienenen Mitglieder und Gäste (ca. 300) herzlich willkommen; er begrüsst insbesondere die Herren vom ostschweizerischen Verein für Luftschiffahrt, dessen Beispiel ja auch dieser Abend zu danken sei. Er macht die erfreuliche Mitteilung, dass ein Mitglied

der Gesellschaft die gesamten Kosten dieser Extrasitzung übernommen hat; es wird demselben der wärmste Dank der Gesellschaft ausgesprochen.

Protokollverlesung und Abstimmung über die Neuanmeldungen werden auf die nächste ordentliche Sitzung verspart; dagegen teilt der Vorsitzende mit, dass folgende weitere Anmeldungen eingegangen sind:

Carl Abegg, Zürich, angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.
Arthur Bareis, Kaufmann, Zürich,
angemeldet von Herrn Dr. jur. Bircher.
Dr. med. Biber, Zürich, angemeldet von Herrn Prof. A. Lang.
Dr. Adolf Böhi, Lehrer am Reformgymnasium,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Dr. Maurice Ceresole, Prof. für technische Chemie am eidg. Polytechnikum,
angemeldet von Herrn Prof. Jaccard.
Dr. Max Egli, Hülfslehrer für Mathematik am Seminar Küsnacht,
angemeldet von Herrn Dr. R. Gerlach.
W. van Holst-Pellekaan, stud. geol.,
angemeldet von Herrn Berend Escher.
Dr. Max Huber, Prof. d. Rechte a. d. Universität, Schloss Wyden b. Ossingen,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.
Dr. Kim, Chemiker, Universitätslaboratorium Zürich,
angemeldet von Herrn Dr. Gassmann.
Dr. Adolf Koelsch, naturw. Schriftsteller, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Dr. Walter Kummer, Ingenieur-Konsulent, Privatdozent am eidg. Polytechn.,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.
Fritz Meyer-Fierz, Zürich, angemeldet von Herrn Dr. Arbenz.
Dr. Wilh. Roth, Arzt, Zürich, angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Dr. med. Emil Schwarz, Adjunkt des Bezirksarzts, Zürich,
angemeldet von Herrn Dr. Hans Kronauer.
Dr. R. Schweizer, Arzt, Zürich, angemeldet von Herrn Fr. Brunner.
Walter Schöller, stud. chem., Zürich,
angemeldet von Herrn Cæsar Schöller.
Josef Staehelin-Baechtold, Kaufmann, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. M. Standfuss.
Karl Steiger, Kunstmaler, Kilchberg,
angemeldet von Herrn Dr. de Quervain.
Frl. Sara Wagapoff, cand. geol., Zürich,
angemeldet von Herrn Berend Escher.
Alex. Wagener, Kaufmann, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Werner Weissenbach-Griffin, Ingenieur, Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.
Heinrich Zoelly-Veillon, Maschinen-Ingenieur, Zürich,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.

Es wird in der Sitzung vom 14. November über die Aufnahme der insgesamt 60 Neuangemeldeten abzustimmen sein.

Der Vorsitzende stellt hierauf der Gesellschaft den Redner dieses Abends, Herrn Ingenieur Drexler vor, der sich in liebenswürdiger Weise bereit erklärt hat, seinen im Aeroklub mit so viel Beifall aufgenommenen Vortrag auch uns zu halten.

Vortrag des Herrn Ingenieur Drexler „Der gegenwärtige Stand der Flugtechnik".

Der Vortragende begann mit einem Hinweise darauf, dass das allgemeine Interesse immer mehr den Flugmaschinen sich zuwende, dass man aber nicht von einem Konkurrenzkampf der Systeme „Leichter und schwerer als die Luft" reden könne. Der Redner betonte, dass trotz allen in den letzten Monaten erzielten Erfolgen man heute höchstens von „Sportsmaschinen, Schönwettermaschinen" reden könne. Alle Piloten seien eben heute noch mehr oder weniger „**Flugkünstler**".

Der Vortragende trat sodann auf die Hauptsysteme der Flugmaschinen und deren Vor- und Nachteile ein und unterschied: 1. Schraubenflieger, 2. Schwingen- oder Ruderflieger, 3. Schaufel- oder Segelradflieger und 4. Drachenflieger oder Aëroplane. Er betonte, dass jetzt schon viele Projekte vorliegen, welche man nicht gut in einer der genannten vier Klassen unterbringen könne und welche sich etwa mit dem Namen „Kombinationsflieger" belegen liessen. Dass die Zahl der Erfinder von Apparaten letzterer Kategorie so gross ist, beruht jedenfalls darauf, dass viele den Vorteil des Langsamfliegens, des senkrechten Aufstieges, des Stillestehens in der Luft — Eigenschaften, welche die Schraubenflieger, Ruder- und auch Segelradflieger in ihrer Vollendung haben können — mit dem Vorteil der grösseren Betriebssicherheit und Stabilität, der Möglichkeit des Gleitfluges und des raschen Vortriebes bei den Drachenfliegern verbinden möchten. Jedenfalls sind nicht alle diese Bestrebungen von der Hand zu weisen; denn das einmal vollendet ausgebildete Verkehrsflugzeug wird wohl ebenso wenig den heute gebräuchlichen Apparaten gleichsehen, wie der erste Daimlerwagen dem modernen Tourenautomobil.

Im weiteren Verlaufe der Ausführungen beschäftigte sich der Vortragende ausschliesslich mit den Aëroplanen als den bis heute einzig erfolgreichen Maschinen; er erklärt zuerst das Prinzip, die Unterschiede zwischen Ein- und Doppeldeckern und bespricht hierauf eingehender die allen Apparaten gemeinsamen Hauptbestandteile: Motor, Tragflächen, Propeller und Steuerorgane. Er führte aus, dass jedenfalls Penaud, Tatin, Lilienthal u. a. Ende des letzten Jahrhunderts die ersten freifliegenden Menschen gewesen wären, wenn sie den aus dem Automobilbau hervorgegangenen leichten Benzinmotor gehabt hätten. Nur haben alle diese Männer der Theorie die nötige Antriebskraft zu gering und die Tragflächen zu gross kalkuliert. Heute weiss man aus der Praxis, dass zum aërodynamischen Fluge mit einer Stundengeschwindigkeit von 60—80 km bei einem Apparatgewicht von 250—450 kg für ein bis drei Personen ein Tragflächenareal von 20—50 Quadratmeter genügt und dass hiezu eine Maschinenkraft von 25—50 HP. erforderlich ist.

Nach einem kurzen Hinweis auf die Möglichkeit, dass der heute allgemein gebräuchliche Achsialpropeller vielleicht später einem auf der Idee des nachgewiesenermassen rationelleren „Luftschlagens" statt „Lufthineinschraubens" aufgebauten Propulsionsmechanismus (der eventuell auch senkrechtes langsames Heben und Niedergehen gestatte) Platz machen müsse, folgte die Besprechung der gegenseitigen, grundlegenden Beziehungen zwischen den an einer Flugmaschine angreifenden Kräften: Flugwiderstand und Propellerschub einerseits, Schwerkraft und Auftrieb anderseits. Halten sich diese Kräfte im Gleichgewicht, so herrscht Stabilität. Da aber infolge wechselnden Windes resp. damit wechselnden Luftwiderstandes auch der „Druckmittelpunkt", d. h. der Angriffspunkt des Auftriebs, wandert, und da auch die Maschinen-

kraft nicht immer konstanten Propellerschub erzeugt, so sind im Fluge Gleichgewichtsstörungen unvermeidlich: um diese zu kompensieren, muss der Flugapparat ausser dem Seitensteuer noch mit einem, ein Schwanken in der Längsrichtung ausgleichenden Höhensteuer und einem bei seitlichen Neigungen zu betätigenden Schrägsteuer versehen sein. Diese ständige Gleichgewichtserhaltung erfordert eine grosse Uebung, eine empfindsame Hand und ausserordentliche Geistesgegenwart. Dass heute noch das Fliegen eine Kunst ist, beweisen die vielen, vielen Unfälle und Todesstürze. „Solange das Fliegen eine Kunst ist, ist es kein welterobernderes Fliegen.“ Die Stabilisierung der Aëroplane ist so schwierig, weil der Mensch zu unempfindlich ist, um kleinere Gleichgewichtsschwankungen sofort korrigieren zu können, weil nicht der starke, gleichmässige Wind, sondern selbst die kleinste, unvermutete Böe der grösste Feind der Flugpiloten ist und weil die Luft an und für sich schon ein Medium ist, das infolge seiner Dünnflüssigkeit sehr zur Beunruhigung neigt. Gerade die verschiedenartig versuchte Lösung der Stabilitätsfrage ist es, welche so vielgestaltige Aëroplantypen verursacht hat.

An Hand von über dreissig Lichtbildern zeigte der Vortragende in leichtverständlicher Weise die Unterschiede zwischen den bekanntesten Aëroplantypen. Er erklärte eingehend die vielfach eingeschlagenen Wege zu besserer Stabilisierung; die einen Konstrukteure (Jatho, Santos-Dumont, Grade usw.) versuchten, den Schwerpunkt möglichst tiefzulegen, andere (Antoinette, Blériot, Voisin, Farman usw.) wollen durch weit nach hinten ausladende Schwanzflächen das Gleichgewicht unterstützen. Eine weitere Gruppe will speziell die seitliche Stabilität durch Abwinkeln der Tragflächen nach oben erzielen usw. Es ist auch mit Erfolg versucht worden, eine automatische Längsstabilität durch besondere Lagen von Tragfläche und Schwanzfläche und Schwerpunkt zu erreichen, durch sogenannte Vorlastigkeit. Ganz wenige Flugtechniker, wie Wright, verlassen sich lediglich auf die rein manuelle Steuerung resp. Gleichgewichtserhaltung, die zwar rationeller ist, aber weit grössere Uebung erfordert.

Nach eingehender Behandlung der Vor- und Nachteile aller dieser Vorschläge kam der Referent auf die verschiedenen Schrägsteuerflächen zu sprechen, welche entweder aussen an den Tragflächenenden oder zwischen oder hinter den Tragdecks sitzen, und auf die Flächenverwindung (gauchissement).

Uebergehend zur Wrightschen Konstruktion, die sich durch Einfachheit und Zweckmässigkeit auszeichnet, welcher aber hinreichende Stabilität mangle, beschäftigte sich der Vortragende ausführlicher mit den neuesten Bestrebungen, eine Flugmaschine vollständig maschinell automatisch zu steuern, eine Forderung, die mit jedem weitern Unfall mehr an Berechtigung gewinnt. Die Lösung wurde hauptsächlich in der Weise versucht, dass entweder durch besondere Fühlflächen oder durch Pendel resp. Kreiselregulierung mittelst Zwischenschaltung von Servomotoren oder Relais den Gleichgewichtsstörungen automatisch begegnet wurde.

In Dübendorf sollen in nächster Zeit vom Vortragenden mit einer derartigen Einrichtung Versuche angestellt werden.

Anschliessend daran wurden an Hand von Lichtbildern noch weitere Vorschläge automatischer Steuerung von Wright usw. besprochen.

In seinem Schlussworte betonte Herr Drexler, es stehe ausser Zweifel, dass die Flugmaschine ungeahnte Umwälzungen im Verkehrs- und Kriegswesen zeitigen werde, sobald ihr die letzte noch fehlende Eigenschaft, das Selbstempfinden, verliehen worden sei.

Diskussion. Dr. A. de Quervain dankt im Namen des Vorstandes des ostschweizerischen Vereins für Luftschiffahrt für Einladung zu diesem Vortrag und teilt mit, dass diese Sektion des schweiz. Aëroklubs eben im Begriffe sei, eine eigene Abteilung für Aviatik zu schaffen. Er ist der Ansicht, dass die Fahrten mit Freiballons durch die neue Entwicklung der Aviatik ihr besonderes Interesse doch nie verlieren werden. Er macht ferner darauf aufmerksam, dass dem Vogel immer noch gewisse Fluggeheimnisse abzulauschen seien, mit deren Ergründung sich speziell unser kompetentes Mitglied Herr K. Steiger in Kilchberg beschäftige, und richtet schliesslich an den Vortragenden die Frage, ob nicht bei den Flugzeugmotoren mit rotierendem Zylinder (z. B. den Gnôme-Motoren) tatsächlich schon ein gyroskopischer hemmender Effekt beim Steuern sich geltend gemacht habe, was der Vortragende dann bejaht. — Prof. Dr. A. Heim meint, dass die grösste Schwierigkeit beim Menschenflug in der ungenügenden Schnelligkeit der Reaktion unseres Nervensystems liege, das beim Vogel so unendlich viel rascher arbeite. Der Vortragende weist dagegen auf die Möglichkeit der allmähligen Anpassung des menschlichen Gehirns an diese neue Aufgabe hin.

Protokoll der Sitzung vom 14. November, abends 8 Uhr im Auditorium 9 d der landwirtschaftl. Schule des eidg. Polytechnikums.

Vorsitzender: Prof. C. Schröter.

Der Vorsitzende verdankt dem hohen Schulrat und Herrn Prof. Dr. P. Jaccard die freundliche Ueberlassung von Hörsaal und Projektionsapparat. Er teilt ferner mit, dass die Zürcherische botanische Gesellschaft in verdankenswerter Weise unsere Mitglieder zu dem Donnerstag den 24. November stattfindenden Vortrag von Herrn Prof. Schellenberg über seine Erblichkeitsversuche mit Maisrassen eingeladen habe.

Das Protokoll, das jedes Mitglied gedruckt erhielt, wird ohne Verlesung genehmigt.

Die 60 neuangemeldeten Mitglieder werden einstimmig aufgenommen. Der Vorsitzende heisst diese stattliche Phalanx neuer Mitglieder herzlich willkommen, dankt den werbenden Mitgliedern im Namen der Gesellschaft für ihre erfolgreichen Bemühungen und spricht die Hoffnung aus, dass auch die im Rückstand befindlichen Mitglieder ihre „moralische Verpflichtung“ der Werbung erfüllen werden, damit wir unsern bisherigen Aufgaben besser gerecht werden und neuen Zielen, besonders der bessern Unterstützung wissenschaftlicher Publikationen zustreben können.

Es werden hierauf folgende Damen und Herren neu angemeldet, über welche am 28. November abzustimmen sein wird:

H. Amez-Droz, Ingenieur bei der SBB,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.

Julius Bär, Bankier, angemeldet von Herrn Prof. Schröter.

Dr. phil. Behn-Eschenburg, in Oerlikon,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.

F. Bley, cand. rer. nat., angemeldet von Herrn Prof. A. Ernst.

Fr. Carpentier, Fabrikant, angemeldet von Herrn Prof. Dr. Standfuss.

Dr. phil. W. Dürsteler, Chemiker, Thalwil,
angemeldet von Herrn Dr. A. Kienast und Dr. E. Rübel.

Frl. A. Hallmann, Fachlehrerin, angemeldet von Herrn Prof. Schröter.
Walter Höhn, Sekundar-Lehrer, angemeldet von Herrn Dr. K. Bretscher.
Arnold Keer, Chemiker, angemeldet von Herrn Prof. Standfuss.
Hch. Messikommer, Antiquar, angemeldet von Herrn Prof. Schröter.
Hans Ott, Leiter der Beust-Schule,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.
Hs. Rud. Vischer, cand. rer. nat., angemeldet von Herrn Prof. A. Ernst.

Hierauf hält Herr Dr. Leo Wehrli einen Vortrag:

Ein Besuch im Quecksilberbergwerk von Idria.

Das reichste Quecksilberlager der Welt ist Almadén in Spanien. Seit über zwei Jahrtausenden werden hier Erze von 8,3 % mittlerem Quecksilbergehalt ausgebeutet. In allerneuester Zeit ist diese Produktion von den Vereinigten Staaten (New Almadén und New Idria in Kalifornien) überflügelt worden. Die gesamte auf der Erde gewonnene Quecksilbermenge betrug nach Krusch im Jahre 1905: 3334 Tonnen. Daran ist Nordamerika mit 1043 *t*, also einem Drittel beteiligt; 843 *t* stammen aus Spanien, 570 aus Oesterreich, 370 sind italienischer, 318 russischer und 190 mexikanischer Herkunft.

Das österreichische Quecksilberbergwerk Idria liegt in Krain, sieben Wegstunden von der Bahnstation Loitsch (slovenisch Logátek) der Südbahnlinie Wien-Triest entfernt, an der Idriza, einem linksufrigen Nebenfluss des Isonzo. Ein primitiver Postwagen führt durch eintönige, doch geologisch und botanisch hochinteressante Dolinenlandschaften, an den slovenischen Dörfern Hotederschitz und Godowitsch vorbei, durch die prachtvolle Sala-Schlucht nach dem Quecksilberstädtchen Idria am Einfluss des Nikova in den Idriza-Fluss.

Freundliche Häuserreihen erheben sich an den Abhängen der drei schmalen Talrinnen. Zahlreiche Kirchen, Kapellen und Bildhäus'chen, und auf einem vorspringenden Hügel, den Talausgang beherrschend, die grosse, alleinstehende Fabrik-Esse der Zinnoberhütte, geben dem reizenden Neste die Signatur, das sonst etwa an die Triberger Schwarzwaldlandschaft erinnern würde. Hinten im Tälchen des Nikova thront auf Kalkfels der Kreideformation das alte, von den Venezianern erbaute Gewerken-Schloss, jetzt k. k. Bergwerksverwaltung und mitten im Talgrund verbreitert sich das Bett der Idriza zu einem künstlichen Holzfang, wo bei Hochwasser das Brennmaterial für den Werkbetrieb, während des Sommers im Gebirge geschlagen, eingefangen wird.

Ganz Idria ist unterhöhlt von Galerien, die in dreizehn verschiedenen Höhenlagen („Läufen") von ca. 340 m Seehöhe bis nahezu auf das Meeresniveau hinabreichen. Die Gruben wurden 1497 entdeckt und sind seit 1580 vom Staate betrieben.

Eine mehrfach in Falten und Fältelungen gelegte Serie von Carbon- und Triasschichten ist hier von Nordosten her über die im normal-alpinen Nordwest-Südost-Streichen ziehenden Kreidefalten gelegt: die dinarische Decke. Und gerade in den Stirnbiegungen dieser Falten liegen zumeist die wertvollen Materialien, die durch Sprengung mit Dynamit abgebaut werden, in den Carbonschiefern („Silberschiefern") flüssiges Quecksilber, das beim Brechen des Schiefers gleich glänzenden Schweisströpfchen herausquillt, und Zinnober im Dolomit, zahlreiche Kluft- und Rutschflächen grellrot zeichnend, oder als feste schwere Erzlinsen auftretend (Stahlerz, Ziegelerz). Lange bartige Strähne von nadelig kristallisiertem Magnesiumsulfat hangen aus den zersetzten Dolomitgewölben heraus, und auch verrutschte Anthracit-

linsen und Graphithaute deuten gerade an den Quecksilberreichen Stellen auf stattgehabte chemische Umsetzungen zwischen Gestein und Erz respektive Metall. Die Genesis des Quecksilbers ist aber noch durchaus unaufgeklart. Einzig sicher, nach der Lagerung, ist, dass Quecksilber und Zinnober erst nach der dinarischen Faltung in ihre jetzigen Lagerstätten gelangt sind. Ob aber als Dämpfe oder in heissen Lösungen, unter welchen Druckverhältnissen, und ob Metall oder Erz primär, steht noch zur Diskussion.

In der Hutte wird das aufbereitete (zerkleinerte und nach dem Quecksilbergehalt sortierte) Erz geröstet. Drei verschiedene Ofensysteme sind in Betrieb: gewohnliche Schachtofen mit Doppelverschluss der Gicht wegen der giftigen Quecksilberdampfe, Schüttröstofen und Fortschaufelungsofen (für ganz feinkörniges Erz). Die Verbrennungs- und Destillationsgase der Kohlen- oder Holzfeuerung ziehen nun mit den Quecksilberdampfen und der aus der Oxydation des Schwefels im Zinnober stammenden schwefligen Säure oben aus dem Ofen ab durch die -förmig verbogenen Tonröhrensysteme der Kondensatoren, die mit kaltem Wasser berieselt werden. Dadurch wird der Quecksilberdampf, mit Theer, Russ etc. vermengt, verflussigt und in den untern Umbiegungen, sowie in dem langen Kanal, der Lutte, bis zur Esse droben auf dem Berge, setzt sich eine schwarze, schmierige Masse ab, die Stup genannt, welche allmonatlich herausgeholt wird. Aus dieser Stup gewinnt man das flüssige Quecksilber mittels einfacher Pressen. Es wird entweder zu 34½ Kilo (= 3 spanische arobas) in eiserne, verschraubbare Flaschen gefüllt für den Export (Goldgewinnung durch Amalgamation) oder in der Hütte mit Schwefel wiederum verbunden in trockenem oder nassem Verfahren und dadurch Zinnober-Farbstoff in zahlreichen Handelsmarken hergestellt. Das „gebrannte Gut“, d. h. die Röst-Rückstände, werden dem Idriza-Fluss zum (billigen!) Forttransport übergeben, so dass keine „Halden“ von Bergwerksschutt die Landschaft verunstalten.

Die jahrliche Produktion des Idrianer Staatsbergwerkes beträgt 100000 *t* „Gut“ (gefördertes Erz), woraus 600 *t* Quecksilber gewonnen werden. Der Durchschnittsgehalt der Erze ist 0.6% Hg. Der jährliche Nettoertrag erreicht 800000 Kronen. Gearbeitet wird mit zwei achtstündigen Tagesschichten im Akkord mit im ganzen 1100 slovenischen Arbeitern. Das Aerar sorgt gegen billige Miete für Wohnungen der Beamten und Arbeiter; es besteht eine k. k. Werks-Volksschule, eine k. k. Realschule, eine k. k. Fachschule für Spitzen-Kloppelei etc. und auch die Pensionsverhältnisse der Staatsbeamten sind aufs Beste geregelt.

Der Vortrag war durch Gesteins- und Erzproben sowie durch zahlreiche Projektionsbilder illustriert, die der Referent im vergangenen Frühjahr in Idria sowie in den Dolinen des Karstes und von Istrien aufgenommen hatte.

In der Diskussion berührte Herr Bergingenieur Bühler die Frage, ob die Tonröhren der Kühlapparate durch die Ofengase stark angegriffen werden, und die Frage der Amalgamierung von (eventuell goldhaltigem) Pyrit, da der Vortragende unter anderm ein Stück Carbonschiefer demonstrierte, bei welchem das flüssige Quecksilber namentlich an Pyritkristallen festgehalten schien.

Der Vortragende replizierte zur ersten Frage, dass er defekte Röhren nicht gesehen, wohl aber eine Kühleranlage ausser Betrieb; zur zweiten, dass an den vorliegenden Handstücken eine natürliche Amalgamierung der Pyrite stattgefunden zu haben scheine, trotzdem bei der Goldgewinnung dieser Prozess nicht gelingen wolle.

Ferner erwähnte Prof. Schröter im Anschluss an die prächtigen Karstbilder des Vortragenden die interessanten Beobachtungen von Günther Beck über die Umkehrung der Pflanzenregionen in den Dolinen des Karsts; in dem Karsttrichter Smrekova draga im Ternovaner Walde bei Görz z. B., der eine Tiefe von 40 m besitzt und in dessen Grunde stets Eis lagert, findet man mit zunehmender Tiefe dieselbe Reihenfolge wie mit zunehmender Höhe im Gebirge: Fichtenwald, Alpensträucher, Zwergsträucher, alpine Felsenpflanzen der Fels- und Schneeregion und endlich zu unterst Eis, das den ganzen Sommer über ausgebeutet wird.

Hierauf hielt Prof. Schröter einen Vortrag: Der schweizerische Nationalpark. Nach einigen allgemeinen Bemerkungen über die Aufgaben, die Notwendigkeit, die Bedeutung und die Grenzen des Naturschutzes und nach einer Besprechung der gegenwärtigen Organisation desselben in der Schweiz (vier Organe arbeiten hier Hand in Hand: der schweizerische Forstverein, der Heimatschutz, die schweizerische Naturschutzkommission und der Bund für Naturschutz, dessen Mitglieder entweder 1 Fr. jährlichen Beitrag oder 20 Fr. einmaligen Beitrag zahlen [Anmeldung beim Vortragenden]), führt der Vortragende aus, was bisher erreicht wurde im Schutz von erratischen Blöcken, Pflanzenschutz, Baum- und Waldschutz, und Schaffung eines Nationalparks. Letzterer wird dann an Hand von Karten und zahlreichen farbigen Projektionsbildern einlässlich vorgeführt.

Schluss der Sitzung 10¼ Uhr.

Protokoll der 3. Sitzung vom 28. November auf Zimmerleuten.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Das Protokoll der vorigen Sitzung wird genehmigt.

Der Vorsitzende macht Mitteilung vom Tode eines unserer ältesten Mitglieder, Herrn Zeichnungslehrers Johann Friedrich Graberg, der 50 Jahre unserer Gesellschaft angehört hat und ihr von 1881–1892 wertvolle Dienste als Bibliothekar leistete; die Versammlung erhebt sich zu Ehren des Verstorbenen von ihren Sitzen.

Es werden hierauf die in der letzten Sitzung angemeldeten 12 Mitglieder einstimmig aufgenommen.

Folgende 17 Neuanmeldungen sind eingelaufen:

Walter Baumann, Fabrikant, eingeführt durch Herrn Dr. Hans Wehrli.
Walter Biber, Sekundarlehrer, Thalwil,
eingeführt durch Herrn Prof. Aeppli.
Dr. Flückiger, Lehrer an der höhern Töchterschule,
eingeführt durch Herrn Prof. Schröter.
Dr. A. Günthart, Lehrer an der höhern Töchterschule, eingeführt durch die Herren Prof. Schinz und Prof. Schröter.
William Guggenheim, Kaufmann in Baden,
eingeführt durch Herrn Prof. Schröter.
Dr. med. Jak. Halperin in Uster, eingeführt durch Herrn Dr. med. Oswald.
Dr. med. Emil Keller in Küsnacht,
eingeführt durch Herrn Dr. Frei in Küsnacht.
Dr. Julius Klotz, Zürich V, eingeführt durch Herrn Prof. Lang.
Dr. Ernst Meissner, eingeführt durch Herrn Prof. Lang.
Dr. med. Max Näf in Oerlikon, eingeführt durch Hrn. Sek.-Lehrer Wartenweiler.

Dr. phil. Schneider-von Orelli in Wädenswil,
eingeführt durch Herrn Prof. Schröter.
Dr. Florian Felix in Wädenswil, eingeführt durch die Herren Prof. Egli und Prof. Silberschmidt.
Dr. med. A. Steiner, Zürich V, eingeführt durch Herrn Prof. Standfuss.
Prof. Dr. phil. Jules Vodoz, Zürich V,
eingeführt durch Herrn Dr. med. Schindler.
Eduard von Wyss, cand. med., eingeführt durch Herrn Prof. H. Bosshard.
Dr. med. Oscar Max Wyss, eingeführt durch Herrn Dr. med. A. Oswald.
J. F. Zürcher, Zürich IV, eingeführt durch Herrn Prof. Schröter.

Hierauf hält Herr Prof. Lang seinen zweiten Vortrag über Fortschritte in der exakten Erblichkeitslehre.

Er sprach zunächst über Mendelsche Gesichtspunkte bei Fällen intermediärer Vererbung. Es handelt sich dabei um die Tatsache, dass bei Kreuzungen die Nachkommen in einem einzigen bestimmten Merkmal eine Zwischenbildung zwischen den beiden Elternformen zeigen, wie z. B. bei den Kreuzungen, die Castle zwischen langohrigen und kurzohrigen Kaninchen ausführte. Die Elternformen hatten Ohrenlängen von 220 und 100 Millimeter, die Nachkommen solche von zirka 160 Millimeter Länge („Halbohren"). Dabei blieben bei Weiterzüchtung diese Halbohren konstant, nur ganz vereinzelt traten Rückschläge nach den Stammformen auf, und zwar die extremsten am seltensten.

Es schien also hier durch Kreuzung eine neue nahezu konstante Zwischenform entstanden zu sein, eine Verschiebung der „genotypischen" Grundlage. Es fragte sich nun, ob die Erklärung der Zwischenbildung nicht auf anderem Wege möglich ist, der auch die Rückschläge verständlich machen würde, nämlich auf der Grundlage der Mendelschen Gesetze der Selbständigkeit und beliebigen Kombination der Merkmale und der Spaltungsregeln unter Hinzunahme der Vorstellung, dass mit jeder Erbeinheit ihr Fehlen gepaart ist (presence and absence hypothesis), und dass, wie Nilson-Ehle gezeigt hat, an der Produktion eines sichtbaren Merkmales mehrere Erbeinheiten in den Keimzellen beteiligt sein können.

Diese letztere wichtige Erweiterung der Mendelschen Anschauungen, die besonders auch durch Forschungsresultate von Cuénot, Castle u. a. gestützt wird, erläutert der Vortragende an den Kreuzungen von schwarzen und weissen Hafersorten (nach Nilson-Ehle).

Wenn eine solche Kreuzung in der zweiten Tochtergeneration (F_2 = zweite Filialgeneration) nach der einfachen Mendelschen Regel mit je einem Gen für jede Eigenschaft spalten würde, so müsste man bei Dominanz von Schwarz drei schwarze und ein weisses Individuum erwarten (3:1). Nilson-Ehle erhielt aber statt dessen fünfzehn schwarze und nur ein weisses Individuum. Das lässt sich unter der Annahme rechnerisch erklären, dass für Schwarz zwei Gene A und B vorhanden sind, von denen jedes für sich schon allein Schwarz erzeugt und die ausserdem mit ihren negativen Genen a und b gepaart sind.

Folgendes Schema mag dies erläutern.

Die Gameten (Keimzellen) der beiden gekreuzten Formen haben in F_1 folgende Formeln:

Eizellen	AB	Ab	aB	ab
Spermakerne	AB	Ab	aB	ab

Die 16 möglichen Kombinationen von F_2, die bei der Befruchtung resultieren, sind

AABB	AABb	AaBB	AaBb
AAbB	AAbb	AabB	Aabb
aABB	aABb	aaBB	aaBb
aAbB	aAbb	aaBb	aabb

Ueberall, wo A oder B einfach oder doppelt vorkommt, ist die Farbe des Korns schwarz; das ist in 15 von den 16 Fällen so; nur in einem, dem letzten, treffen lauter negative Gene zusammen und die Farbe des Korns ist weiss. Durch diese Uebereinstimmung der Rechnung mit den Tatsachen ist die hohe Wahrscheinlichkeit der Annahme bewiesen, dass Schwarz durch zwei Gene bedingt wird.

Betrachten wir nun die Fälle intermediärer Farbvererbung etwas näher:

Der einfachste ist derjenige der Kreuzung einer weissen und einer roten Rasse der Wunderblume (Mirabilis Jalapa). Hier erhalten wir als erstes Kreuzungsprodukt (also F_1 = erste Filialgeneration) lauter hellrote, zwischen Weiss und Rot die Mitte haltende Individuen: deren Nachkommen (F_2-Generation) spalten in der Weise, dass auf 4 Nachkommen 1 weiss, 1 rot und 2 hellrot sind. Das lässt sich nun unter der Annahme mendelisch berechnen, dass das Rot durch ein Gen A vom Intensitätsgrad 10 bestimmt wird, welchem nach der „presence and absence" Hypothese sein Fehlen a vom Intensitätsgrad Null entspricht.

Die beiden (homozygotischen Eltern haben also folgende Formeln: Die rote Rasse AA = 10 + 10 = 20 = dunkelrot γ die weisse Rasse aa = Null + Null = weiss. Bei der Bildung der Geschlechtszellen trennen sich die Gene und die Gameten haben also die Formeln A = 10 und a = Null. Bei der Kreuzung vereinigen sich diese Gameten und die Heterozygote hat nun die Formel Aa = 10 + Null = 10 = hellrot, also in F_1 intermediär. Der Gameta sind hier nun viererlei: zwei väterliche A u. a, und zwei mütterliche A u. a; die möglichen Kombinationen bei ihrer Vereinigung bei der Produktion der zweiten Tochtergeneration F_2 sind folgende:

AA = 10 + 10 = 20 = dunkelrot
Aa = 10 + Null = hellrot
aA = Null + 10 = 10 = hellrot
aa = Null + Null = Null = weiss

D. h. es müssen in F_2 auf je 4 Individuen eines dunkelrot, eines weiss und zwei hellrot sein, was mit den Tatsachen völlig übereinstimmt!

Nun sind aber bei intermediärer Farbenvererbung auch andere Fälle bekannt, wo in F_2 zahlreiche verschiedene Abstufungen der intermediären Färbung in bestimmten Zahlenverhältnissen auftreten. Dieses lässt sich unter der Annahme erklären, dass für eine Farbe mehrere Gene zusammenwirken.

Als rechnerisches Beispiel wollen wir einen solchen Fall intermediärer Vererbung durchführen, wo an der roten Farbe nur 2 Gene beteiligt sind (um eine zu grosse Komplikation der Rechnung zu vermeiden). Wir nehmen also an, dass das Rot durch zwei Gene A und B, jedes vom Intensitätsgrad 10 bedingt wird. Demnach wäre die Formel für die Zellen der roten Form AABB = 40 und für die der weissen Form aabb (d. h. lauter negative Gene = 0).

Bei der Bildung der Geschlechtszellen (Gameten) tritt Spaltung ein: Diejenigen der roten Form erhalten nur noch die Gene AB = 20, diejenigen der

weissen nur noch a b = 0. Bei der Befruchtung (Bildung von F_1, erste Tochtergeneration) vereinigen sich diese beiden Gameten zur Zygote AaBb = 20, also halb so rot als AABB (= 40), also intermediär gefärbt. Bei der Bildung der Geschlechtszellen dieser Generation (durch Spaltung von AaBb) entstehen achterlei Gameten:

weibliche	AB,	Ab,	aB,	ab
männliche	AB,	Ab,	aB,	ab

Lassen wir nun diese Geschlechtszellen sich untereinander in allen möglichen Verhaltnissen vereinigen, so entstehen folgende 16 Kombinationen:

AABB = 40;	AABb = 30;	AaBB = 30;	AaBb = 20
AABb = 30;	AAbb = 20;	AaBb = 20;	Aabb = 10
AaBB = 30;	AaBb = 20;	aaBB = 20;	aaBb = 10
AaBb = 20;	Aabb = 10;	aaBb = 10;	aabb = 0

Oder mit andern Worten: unter den 16 Nachkommen kommen folgende Intensitätsgrade der Farben vor:

40 = rot		einmal
30 = hellrot,	intermediär	viermal
20 = hellrot,	„	sechsmal
10 = hellrot,	„	viermal
0 = weiss		einmal

es entspricht also einer der roten Stammform, einer der weissen Stammform und 14 sind intermediär in drei Abstufungen, was, mutatis mutandis bei Annahme von 3 Genen für die rote Farbe der Weizenkörner, genau den Tatsachen entspricht. Denn dort fand Nilson-Ehle unter 64 Körnern in F_2 ein dunkelrotes, ein weisses und 61 intermediäre in 7 Abstufungen in bestimmten Zahlenverhältnissen, welche mit der Rechnung übereinstimmten.

Damit ist also die intermediäre Vererbung auf mendelnde Spaltung zurückgeführt, auf Grund der Annahme, dass jedes Gen seinem Negativ entspricht und dass eine sichtbare Eigenschaft durch mehrere Gene repräsentiert wird. Die „Atavismen“ (Rückschläge zur Stammform) sind damit als notwendig auftretende Spaltungen erklärt, und ebenso ist erklärt, dass sie um so seltener auftreten, je mehr sie sich der Stammform nähern.

Führt man die Rechnung für eine noch grössere Zahl von Genen pro Merkmal durch, so wächst die Zahl der intermediären Formen enorm und die Rückschläge werden relativ immer seltener.

Nehmen wir z. B. an, um auf die Kaninchen-Ohren zurückzukommen, dass für die Ohrendifferenz zwischen der langohrigen Elternform (220 mm) und der kurzohrigen (100 mm) 12 positive Gene verantwortlich sind, jedes also für 10 mm Längendifferenz und jedes wieder von seinem Fehlen begleitet, so ergibt die Rechnung, dass in F_2 25 Klassen von Ohrenlängen auftreten müssen von folgender Frequenz:

Totalsumme aller Kaninchen zirka 17 Millionen, darunter zirka 2 Millionen genau intermediär, ein einziges kurzohriges und ein einziges langohriges, also zwei reine Atavismen auf 16 Millionen!

Ferner 14 Millionen Kaninchen in 23 weiteren intermediären Abstufungen von 145—175 Millimeter Ohrenlänge, die alle erblich sind. Damit stimmt die praktische Konstanz der „Halbohren“ und die grosse Seltenheit der Rückschläge.

* * *

Das zweite Thema, das der Vortragende erörterte, war: Geschlechtlich erzeugte Organismen mit rein mütterlichen oder rein väterlichen Eigenschaften.

Es sind Fälle bekannt, wo bei Kreuzungen Nachkommen entstanden, die in allen Eigenschaften der Mutter glichen, wo also vom Einfluss des Vaters gar nichts zu spüren war. Dahin gehören die sogenannten „falschen Bastarde" von Erdbeeren, welche Millardet erzog, bei Orchideen, von denen Hurst berichtet, und bei Schnecken, welche in den Zuchten Prof. Langs auftraten.

Um in das Verständnis dieser Erscheinung einzuführen, erinnert der Vortragende zunächst an die bekannten Kernteilungsvorgänge bei der Befruchtung. Jede Zelle eines geschlechtlich erzeugten Organismus enthält erstens das Cytoplasma, dessen Rolle bei der Vererbung strittig ist; zweitens den Zellkern mit einer doppelten Garnitur von „Chromosomen" (der Vererbungssubstanz par excellence), färbbaren Kernfragmenten, welche zum Teil vom Vater, zum Teil von der Mutter herrühren; und drittens das „kinetische Zentrum", das bei den Teilungsvorgängen eine mechanisch leitende Rolle spielt.

Bei der Entstehung der Geschlechtszellen nun, der Eizelle und des Samenfadens, trennen sich die Chromosomen voneinander, und jede Geschlechtszelle erhält nur die halbe Zahl, eine „einfache Garnitur" wird „hemicaryotisch"; das tierische Ei ist ausserem durch das Fehlen des kinetischen Zentrums ausgezeichnet: bei der Befruchtung überträgt das Spermatozoid sein kinetisches Zentrum auf das Ei und wirkt so entwicklungserregend.

Da die Befruchtung in der Verschmelzung der beiden Sexualkerne mit ihrer halben Chromosomenzahl besteht, wird durch dieselbe wieder die normale doppelte Chromosomengarnitur hergestellt, unter mannigfacher Kombination der Träger der Erbsubstanz.

Nun kennt man schon lange merkwürdige Ausnahmefälle, wo das reife Ei von selbst ohne Befruchtung sich zu einem neuen Organismus entwickelt („natürliche Parthenogenesis"); bei Pflanzen werden solche Fälle immer zahlreicher bekannt (so erzeugt z. B. der Löwenzahn seine Samen ohne Befruchtung; wenn man in jungen, noch geschlossenen Köpfchen mit dem Rasiermesser die Staubbeutel und den Griffel radikal wegschneidet, so erzeugt dieses Köpfchen trotzdem keimfähige Samen).

Und vornehmlich durch den berühmten amerikanischen Physiologen Loeb und seine Schüler ist gezeigt worden, dass man auch auf künstlichem Wege tierische Eier zur Entwicklung anregen kann („künstliche Parthenogenesis"), durch Behandlung mit Lösungen gewisser chemischer Stoffe. Neuerdings ist es Yves Delage in Paris sogar gelungen, auf diesem Wege fertige junge Seeigel zu züchten. Solche ohne Einwirkung männlicher Keimzellen erzeugte Organismen haben selbstverständlich rein mütterliche Eigenschaften.

Herbst ging noch einen Schritt weiter und hat mit Erfolg versucht, die chemische Entwicklungserregung noch mit echter Befruchtung zu kombinieren, was sehr gut gelang. Wenn man dem Ei zuerst auf chemischem Wege einen leichten Entwicklungsanstoss gegeben hat, so kann man es nachträglich leicht mit Sperma befruchten und dabei auch artfremdes Sperma benützen: auf diese Weise hat man Seeigel mit Seesternen, Seeigel mit Seelilien, ja sogar mit Mollusken gekreuzt! und die Larven bis zu ziemlich vorgerückten Stadien gebracht. Dabei zeigte sich aber die auffallende Tatsache, dass nur in den jüngsten Stadien sich der Einfluss des Vaters zeigte! Später hatten diese Larven alle rein mütterliche Eigenschaften.

Dr. Balzer in Würzburg hat nun solche Fälle eingehend cytologisch, d. h. mit Bezug auf ihre Kernteilungen verfolgt und es zeigte sich, dass die väterlichen artfremden Chromosomen in der Zygote, d. h. im Verschmelzungsprodukt von Ei und Spermatozoid, bei den weiteren Teilungen zu spät kamen und meist früher oder später gänzlich eliminiert wurden, so dass die Zellen des neuen Organismus, trotz der Befruchtung, rein weibliche Hemicaryonten waren (mit halber Chromosomenzahl); höchstens wurde anfänglich das eine oder andere männliche Chromosom mitgeschleppt.

So sind also geschlechtlich erzeugte Nachkommen mit rein mütterlichen Eigenschaften cytologisch erklärt durch das Fehlen des männlichen Erbteils im Kern.

Aber auch geschlechtlich erzeugte Organismen mit rein väterlichen Eigenschaften kennt man.

Dem genialen Forscher Boveri ist es gelungen, kernlose Teilstücke eines befruchtungsfähigen Eies mit Spermatozoiden einer fremden Art zu befruchten; und die so erzeugten Larven zeigten rein väterliche Eigenschaften.

Durch das Vorhergehende sind zwei für die Auffassung der Befruchtung und Vererbung sehr wichtige Gesichtspunkte gewonnen.

1. Die Befruchtung setzt sich aus zwei wesentlich verschiedenen Prozessen zusammen: erstens einem Anstoss, einer Entwicklungserregung, und zweitens der Verschmelzung der väterlichen und mütterlichen Chromosomen. Ersteres kann künstlich ersetzt werden, letzteres natürlich nicht.

2. Die Chromosomen des Kerns haben höchst wahrscheinlich das Monopol der Vererbung.

Die Diskussion gab dem Vortragenden noch Gelegenheit, auf eine Anfrage von Dr. Volkart hin darauf zu weisen, dass man sich den negativen Paarling einfach als etwas Fehlendes vorstellt, dass man aber daneben auch noch positive Hemmungsgene annimmt, die nach einer Bemerkung von Prof. Bredig vielleicht nach Analogie der hemmenden chemischen Anti-Katalysatoren aufzufassen wären.

Protokoll der Sitzung vom 12. Dezember 1910.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Traktanden: Das Protokoll wird genehmigt.

Die das vorige Mal Angemeldeten werden einstimmig aufgenommen.

Folgende Damen und Herren sind neu angemeldet:

Baragiola, W. J., Dr. phil., Wädenswil,
angemeldet von Herrn Prof. Winterstein.

Brennwald, P., Kaufmann, Zürich V,
angemeldet von Herrn Dr. Hs. Wehrli.

Herzfeld, Dr., Assistent, Chem. Laborat. Kantonsspital,
angemeldet von Herrn Prof. Winterstein.

Howald, Ernst, Dr., Gymnasial-Lehrer, Zürich V,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.

Hüni-Caumont, E., Kaufmann, Zürich I,
angemeldet von Herrn Dr. E. Schoch.

Küpfer, Max, stud. rer. nat., Zürich V,
angemeldet von Herrn Prof. Standfuss.

Müller, Alex., stud. phil., Zürich V,
angemeldet von Herrn Dr. Wettstein.

Müller, Charlotte, Dr. med., Zürich I,
angemeldet von Fräulein Dr. Daiber.
Panchaud de Botterons, Dr. phil., Zürich V,
angemeldet von Herrn Dr. E. Schoch.
Reichenstein, Dr. phil., Chem. Univ. Laborat.,
angemeldet von Herrn Prof. Winterstein.
Rüeger, Armin, Assistent, Zürich V,
angemeldet von Herrn Dr. Rübel.
Staub, Walter, cand. phil., Geol., Zürich V,
angemeldet von Herrn Prof. Heim.
Wild, Oscar, Dr. med., Zürich V,
angemeldet von Herrn Dr. H. Kronauer.
Wünsche, Fritz, cand. phil., Zürich V,
angemeldet von Herrn Prof. Winterstein.
Zürcher, Leo, Dr. phil., Bibliogr. Institut, Zürich V,
angemeldet von Herrn A. Vöge.

Dr. med. Ad. Oswald spricht: Über die Rolle der Schilddrüse im Körperhaushalt und den Kropf. Dieses Thema muss bei uns ganz besonderes Interesse beanspruchen, weil in unserem Lande der Kropf heimisch ist. Der Kropf kann auf mechanischem Wege Ursache von Beschwerden sein (Erschwerung der Atmung durch Druck auf die Luftröhre) und mitunter, wenn auch selten, plötzlich zum Erstickungstode führen, oder er kann indirekt Komplikationen von Seiten des Herzens veranlassen (Kropfherz). Auf einen Zusammenhang mit Kropf lässt sich ausserdem ein bei uns weit verbreitetes Leiden zurückführen: der Kretinismus, ein in unseren Gegenden Jedermann bekannter, durch geistigen und körperlichen Rückstand gekennzeichneter Zustand. Der Entwicklungsgrad dieses Leidens ist verschieden, von äusserlich unscheinbaren Merkmalen an bis zu hochgradiger unter Tieresniveau stehender Verblödung. Zu dem Kretinismus gehört die Taubstummheit, ein bei uns ebenfalls relativ häufiger Krankheitszustand. Die grosse Zahl von Kretinen, Taubstummen und durch den Kropf in ihrer Erwerbsfähigkeit behinderten Individuen (Zahlen folgen weiter unten) stempelt den Kropf zu einer Erkrankung von sozialer und wirtschaftlicher Bedeutung, die die Aufmerksamkeit weitester Kreise verdient.

Die Schilddrüse stellt ein im Körperhaushalt überaus wichtiges Organ dar, über dessen Bedeutung man lange Zeit im Dunkeln war. Erst das Tierexperiment im Verein mit den klinischen Beobachtungen am Menschen haben Klarheit darüber gebracht.

Im Jahre 1873 beschrieb der englische Arzt W. Gull einen Krankheitszustand, den man mit einem krankhaften Schwund der Schilddrüse in Zusammenhang brachte, und der später den Namen Myxödem erhielt. Dieser Zustand ist äusserlich der Hauptsache nach durch ein eigenartiges Gedunsensein der Haut und eine Abnahme der geistigen Fähigkeiten charakterisiert. Später als die Fortschritte der Chirurgie erlaubten, Kröpfe operativ zu entfernen, machte man die traurige Erfahrung, dass ein dem Myxödem ähnlicher Zustand nach dem Herausschneiden des Kropfes sich einstellte (operatives Myxödem). Schon vorher hatte der Genfer Physiologe Schiff die Beobachtung gemacht, dass Tiere, denen man experimentell die Schilddrüse entfernte, an eigenartigen und schweren Erscheinungen zu

leiden anfingen. Im Jahre 1899 zeigte der Chirurge H. Bircher, dass, wenn man nach der Herausnahme eines Kropfes einen Teil davon in die Bauchhöhle einnähte, so dass er sich dort festwuchs, die Erscheinungen des Myxödems ausblieben. Später erkannte man, dass sich dasselbe günstige Resultat erzielen liess, wenn man solche Kranke frische oder gekochte oder auch gedörrte Schilddrüsen essen liess. Durch diese Beobachtungen war festgestellt, dass die Schilddrüse eine chemische Substanz enthält, die für den Körperhaushalt von hoher Bedeutung ist. Ihr Fehlen ist es, welches die schweren Krankheitserscheinungen bedingt.

Im Jahre 1895 zeigte der Physiologe E. Baumann, dass die Schilddrüse erhebliche Mengen von Jod beherbergt und zwar in einer eigenartigen Substanz (dem Jodothyrin). Da schon lang bekannt war, dass Jod eine heilende Wirkung auf den Kropf hat, glaubte man, dass Jodmangel die Ursache des Kropfes sei. Ausführliche, damals vom Vortragenden an einigen Hunderten von Schilddrüsen und Kropfen aus den verschiedensten Gegenden der Schweiz angestellte Untersuchungen ergaben jedoch, dass dies nicht der Fall ist, da Kropfe im allgemeinen mehr Jod enthalten als gesunde Schilddrüsen. Der Vortragende konnte auch feststellen, dass das Jod an einen eigenartigen Eiweisskörper (von ihm Jodthyreoglobulin genannt) gebunden ist, aus welchem sich das Jodothyrin gewinnen lässt. Dieses Jodthyreoglobulin stellt den von der Schilddrüse gelieferten physiologisch so wichtigen Stoff dar. Er gelangt durch die Lymphe in die Blutbahn und von dort in die Körpergewebe, wo er seine Wirksamkeit entfaltet.

In welcher Weise das von der Schilddrüse sezernierte Produkt seine Funktionen geltend macht, ist noch nicht bis in alle Einzelheiten festgestellt. Es rührt dies einmal daher, dass die chemische Natur des Jodkörpers noch nicht aufgeklärt ist, andererseits aber auch, dass diese Frage mit den schwierigsten Problemen der Lebenserscheinungen eng verknüpft ist, an denen die moderne Medizin, sowie die gesamten biologischen Wissenschaften mit so grossem Eifer arbeiten. Es ist durch experimentelle und klinische Beobachtungen, an denen der Vortragende Anteil genommen hat, erwiesen, dass das Jodthyreoglobulin die Fähigkeit hat, die Verbrennungen in unserem Körper zu steigern. Ausserdem ist im Tierexperiment nachgewiesen, dass es einen bestimmten Einfluss auf gewisse Nerven hat, namentlich solche, die die Herztätigkeit und den Blutkreislauf regulieren. Weiterhin beeinflusst es eine Reihe von Organen, die für den Chemismus unseres Körpers ausserordentlich wichtig sind.

Die Erkenntnis dieser Tatsachen ist für das Verständnis des Myxödems von hoher Bedeutung. Hier sind die Verbrennungen herabgesetzt, und mit einer Behinderung des Körperchemismus hängt auch die Abnahme der geistigen Fähigkeiten zusammen.

Für die Beurteilung der funktionellen Bedeutung der Schilddrüse kommt in Betracht, dass in unmittelbarer Nähe des Organs, ja bei manchen Tiergattungen im Innern der Drüse selbst, vier winzige (beim Menschen linsengrosse) Gebilde, die Nebenschilddrüsen, liegen. Wird nicht mit besonderer Sorgfalt darauf geachtet, so werden sie bei der Herausnahme der Schilddrüse unwillkürlich mit entfernt. Dann treten schwerste Krampfzustände auf, die meist zum Tode führen. Die Nichtbeachtung dieses Umstandes hat lange Zeit die Rolle der Schilddrüse in unrichtigem Lichte erscheinen lassen.

Im Gegensatz zu dem Myxödem, das nach dem Gesagten auf einem Ausfall der Schilddrüse beruht, gibt es eine Krankheit, die im wesentlichen sich auf ein übermässiges Funktionieren der Drüse zurückführen lässt, die **Basedow'sche Krankheit**, so genannt nach dem Arzte, der sie zuerst eingehend beschrieben hat. Hier finden sich genau die entgegengesetzten Krankheitszeichen. Die wesentliche Grundlage dazu wird durch eine besondere Erkrankung des Nervensystems geschaffen, die die Schilddrüse zu verstärkter Aktivität anreizt.

Bei vielen mit Kropf behafteten Menschen stellen sich Symptome ein, die nahe Beziehungen zeigen zur Basedow'schen Krankheit. Hierher gehört das sogen. Kropfherz.

Ausser den genannten Erkrankungen kennen wir noch eine Reihe anderer Zustände, die sich auf ein übermässiges bezw. ein vermindertes Funktionieren der Schilddrüse zurückführen lassen, die wegen ihrer grösseren Seltenheit jedoch weniger allgemeines Interesse bieten.

Dagegen muss uns um so mehr ein Krankheitszustand interessieren, der mit der kropfigen Entartung in engem Zusammenhang steht, der **Kretinismus**, auch **kretinische Degeneration** genannt. Hier handelt es sich um eine Myxödemform, die schon im jüngeren und jüngsten Kindesalter beginnt, zur Zeit da der Körper im intensivsten Wachstum begriffen ist. Trotz des dabei meist bestehenden Kropfes leistet die Schilddrüse zu wenig, ist in Unterfunktion. Daraus resultieren Störungen im allgemeinen Chemismus, die die Entwicklung behindern und zu Zwergwuchs, Rückständigkeit in den körperlichen und Hand in Hand damit den geistigen Funktionen führen. Zu diesen Entwicklungsstörungen gehört auch die **Taubstummheit**.

Eine ausserordentlich wichtige Frage ist die, **was die Kropfbildung veranlasst**. Er kommt vorwiegend in Gebirgsgegenden vor (Alpen, Himalaja, Pamir, Kaukasus, Kordilleren). Deshalb hat man lange Zeit durch das Gebirge gegebene Momente als dessen Ursache bezeichnet. Es gibt jedoch auch innerhalb der Hochländer kropffreie Gebiete. Speziell ist in der Schweiz die stärkste Kropfendemie in der Ebene (Aargau, Freiburg, Bern) zu Hause, während das eigentliche Alpenland relativ frei davon ist. Heute wissen wir mit aller Sicherheit, dass das **Trinkwasser** das schädliche Agens enthält. Und zwar kommt es auf die geologische Beschaffenheit des Bodens an, aus dem das Wasser kommt. Nach den Untersuchungen des Kropfforschers H. **Bircher** ist Wasser, welches gewissen marinen Sedimenten (Paläozoikum, Trias und Tertiär) entspringt, kropferzeugend, während das aus dem Eruptivgestein, dem Jura, der Kreide, dem Quaternär und den Süsswasserablagerungen hervorgehende, keinen Kropf erzeugt. Über die nähere Natur des schädlichen Agens sind wir noch nicht unterrichtet. Nur soviel wissen wir, dass **Kochen das Wasser unschädlich macht**. In neuerer Zeit ist es gelungen, bei Tieren durch anhaltendes Tränken mit Wasser aus „Kropfbrunnen" Kropf experimentell zu erzeugen.

Die relative Häufigkeit des Kropfes ist in den Kropfterritorien verschieden. Während in manchen Gegenden nur wenige Prozente der Bevölkerung Kröpfe haben, sind in anderen 60—70, ja 80 % und darüber von Kropf befallen. Dazwischen gibt es alle Übergänge. Neben ausgesprochenen Kröpfen finden sich sehr viele deutlich vergrösserte Schilddrüsen, die man

gemeinhin nicht gern als Kropf bezeichnet. Wie gross die Zahl der Leute mit „dickem Hals" ist, ergibt sich am deutlichsten aus statistischen Untersuchungen, die der Vortragende an Leichen in den verschiedensten Gegenden der Schweiz vorgenommen hat. Während in kropffreien Gegenden, z. B. Norddeutschland, im westlichen Frankreich usw. die frische Schilddrüse des Erwachsenen 30–40 Gramm wiegt, findet man bei uns, und auch speziell im Kanton Zürich, nur bei etwa 25 % aller Menschen Schilddrüsen von einem Gewicht unter 50 Gramm bei rund 75 % dagegen schwerere, d. h. **³/₄ aller Leute haben bei uns eine zu grosse Schilddrüse.**

Tragen die Besitzer eines dicken Halses nicht einen unmittelbaren Schaden davon, so ist doch die Zahl derjenigen, die in ihrer Gesundheit beeinträchtigt und dadurch in ihrer Erwerbsfähigkeit behindert werden, eine überaus grosse, ja so gross, dass der Kropf bei uns eine soziale und wirtschaftliche Bedeutung hat. Auch auf die Wehrkraft unseres Landes hat er einen schwächenden Einfluss. Nach den amtlichen Berichten werden jährlich im Durchschnitt 7 %, d. h. rund 1700 der gemusterten wehrpflichtigen jungen Leute wegen Kropf zurückgewiesen. Durch keine andere Krankheit werden so viele Kräfte unserer Armee entzogen. Dazu kommen zirka 400 schon ausgebildete Soldaten, die jährlich ausgeschaltet werden müssen und zirka 180 Idioten und etwa 80 Taubstumme, wovon mehr wie die Hälfte auf kretinischer Grundlage entstehen dürften. Rechnet man ausserdem von den zirka 1900 Mann, die wegen zu geringer Körperentwicklung jährlich militärfrei werden, bloss ¹/₃ als durch die kretinische Degeneration bedingt, so kommen wir zu der beträchtlichen Zahl von rund 3000 Mann im Jahr und für die 10 Auszugsjahre 30 000 Mann, beinahe ein **ganzes Armeekorps, den vierten Teil unserer Feldarmee!**

In bezug auf die relative Frequenz der Taubstummheit steht die Schweiz an der Spitze aller Nationen.

Berücksichtigen wir ferner, dass der Kropf die Basis für die kretinische Degeneration schafft, und dass die Degeneration der Intensität der Kropfendemie parallel geht, und was besonders wichtig ist, dass sie schon mit äusserlich ganz unscheinbaren Merkmalen beginnt, so ist nur noch ein Schritt zu der Annahme, dass auch die vielen Menschen, die bloss eine geringfügige Vergrösserung der Schilddrüse haben, also weite Schichten unserer Bevölkerung, Stigmata psychischer und körperlicher Natur aufweisen. Diese logische Schlussfolgerung ist nicht abzuweisen und wird durch die Beobachtung gerechtfertigt. Man sieht, dass wir einer Volksseuche gegenüber stehen, die ihre unsichtbaren Arme weit ausbreitet und **die zu bekämpfen eine nationale Aufgabe ist.**

Zu notieren ist, dass die Kropfendemie nicht im Abnehmen begriffen ist, sondern, wie Feststellungen ergeben haben, in unveränderter Stärke fortbesteht. Nur ein planvolles Einschreiten kann hier Remedur **schaffen. (Autoreferat.)**

Diskussion:

Prof. Winterstein: „Durch die schönen Untersuchungen von Dr. Oswald über die jodhaltige Substanz der Schilddrüse ist der Beweis erbracht worden, dass die wirksame Substanz der Schilddrüse ein jodhaltiger Eiweisskörper ist. Beachtenswert für den physiologischen Chemiker ist der in letzter Zeit vom Referenten gemachte Befund, dass

jodiertes Eiweiss bei geeigneter Spaltung mit chemischen Agentien Jodtyrosin liefert. Man darf dem Forscher gratulieren, dass seine langwierigen Untersuchungen über physiologisch wichtige Jodverbindungen eine Reihe beachtenswerter Resultate geliefert haben. Der Referent spricht sich über die Bindung des Jods in dem jodhaltigen Eiweisskörper, dem Jodthyreoglobulin der Schilddrüse nicht ganz bestimmt aus, macht es aber höchst wahrscheinlich, dass das Jod an das Tyrosin gebunden sein könne. Es wäre angezeigt, um die Frage der sicheren Entscheidung näher zu bringen, eine Spaltung mit Wasserstoffsuperoxyd vorzunehmen, oder das Jodthyreoglobulin zu benzoylieren und das erhaltene Benzoylprodukt der Spaltung zu unterziehen.

Es scheint mir zur Zeit die Frage noch nicht ganz entschieden zu sein, ob das Jodthyreoglobulin die einzige wirksame Substanz der Schilddruse ist. v. Fürth hat behauptet, dass in der Schilddrüse Cholin vorkommt und dass die blutdruckerniedrigende Substanz dieser Drüse das Cholin ist. Die von v. Fürth gemachten Angaben sind vom chemischen und physiologischen Gesichtspunkt nicht stichhaltig: Die blutdruckerniedrigende Wirkung des Cholins wird durch gleichzeitige Verabreichung von Atropin aufgehoben, eine solche Wirkung des Atropins wird bei Verabreichung des Schilddrüsensekrets nicht beobachtet. Es wäre eine wohl recht schwierige aber dankenswerte Aufgabe, die neben dem wirksamen Jodthyreoglobulin vorhandenen Substanzen zu isolieren und ihre Beziehungen zu den wirksamen Bestandteilen der Nebennieren zu studieren, da zwischen Nebennieren und Schilddrüse ein gewisser Antagonismus bestehen soll und dieser Antagonismus wird auch von manchen Medizinern zur Erklärung des Krankheitsbildes bei Basedow mit herangezogen. Die von v. Fürth gemachten Einwände sind von Oswald in zutreffender Weise in allen Punkten als unbegründet zurückgewiesen worden.“ (Autoreferat.)

Prof. Sauerbruch bemerkt, dass die klinischen Beobachtungen dafür sprechen, dass Basedow nicht einzig auf einer Mehrfunktion der Schilddrüse beruhe, sondern man müsse ausserdem eine Erkrankung des Nervensystems annehmen, die den Boden für den Krankheitsausbruch bilde.

Dr. Leo Wehrli begrüsst die vom Vortragenden postulierte Mitarbeit der Geologie an der Lösung der Verbreitungs- und Ursachenfrage des Kropfes und weist am Beispiel der Wasserversorgungen von Rupperswil, Aarau und Zürich darauf hin, dass jede einzelne Lokalität nach der Herkunft ihres Trinkwassers genau erforscht werden müsse. Es genügt nicht, einfach nach der geologischen Karte die Unterlage des Ortes verantwortlich zu machen, indem das Wasser aus einer entferntern andern Formation zugeleitet, oder in einer oberflächlich verdeckten, auf der Karte nicht verzeichneten Schicht gefasst, oder gar aus geologisch verschiedenen Ursprungsorten gemischt sein kann.

Dr. Schumacher glaubt, dass man als kropferzeugendes Agens ein Toxin annehmen dürfe.

Prof. Jaccard frägt, woher das Jod in der Schilddrüse stamme.

Repliken des Vortragenden: Mit dem Vorschlag Prof. Wintersteins, eine Spaltung des Jodthyreoglobulins mit Wasserstoffsuperoxyd vorzu-

nehmen, ist er einverstanden. Er habe auch schon an diesen Spaltungsmodus gedacht. Desgleichen beabsichtigte er, Versuche über die Wirkung des Jodthyreoglobulins auf die Gefässnerven anzustellen. Vortragender ist auch mit der Ansicht Prof. Sauerbruchs einverstanden. Er selbst habe diese Anschauung schon vor 10 Jahren vertreten. Wenn er sie hier nicht so ausführlich behandelt habe, so geschah dies nur, weil der Vortrag für ein nicht medizinisches Publikum berechnet ist und er so spezielle Fragen nicht habe einlässlich besprechen wollen. Mit den Postulaten Dr. Wehrlis ist er durchaus einverstanden. Dagegen spricht er sich gegen die Annahme eines Toxins als Kropfursache aus, da ein Bakterienprodukt durch die geologischen Zeiten hindurch sich sicherlich nicht erhalten hätte, hauptsächlich auch durch die hohen Temperaturen, die bei der Metamorphosierung der Gesteine bestanden haben, zweifellos zerstört worden wäre. Auf das letzte Votum erwidert er, dass das Jod aus der Nahrung stamme, wo es allenthalben in Spuren vorkommt.

Bibliotheksbericht von 1910.

Der Bibliothek sind vom 15. Dezember 1909 bis zum 15. Dezember 1910 nachstehende Schriften zugegangen:

A. Geschenke.

Von Herrn G. Claraz, Zürich:

Revue scientifique, Paris, 5e série, 1909, 2e sémestre, nos. 20—26; 1910, 1er sémestre, nos. 1—26; 2e sémestre, nos. 1—15, 17.

Von der Verlagsbuchhandlung Engelmann, Leipzig:

(für den † Herrn Geh.-Rat Prof. Dr. Alb. v. Kœlliker, Würzburg)

Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XCIV, Heft 1—4; Bd. XCV, Heft 1—4: XCVI, Heft 1—3.

Von Herrn Prof. Dr. J. Heuscher, Zürich V:

Schweizer. Fischereizeitung 1909, Bd. XVII, No. 11—12; 1910, Bd. XVIII, No. 1—10.

Von Herrn Prof. Dr. A. Wolfer, Sternwarte, Zürich IV:

Procès-verbal, Commission géodésique suisse, 55e et 56e séance, 1909—10.

Astronomische Mitteilungen No. C.

Sur le dernier maximum des taches solaires. Extrait. o. O. und J.

Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, herausg. von der Schweiz. geodätischen Kommission (Internationale Erdmessung) Bd. XII: Schwerebestimmungen in den Jahren 1900—1907. Zürich, 1910.

Von Frau Seline Brunner, Oberwacht, Küsnacht (Zürich):

Carl Hintze, Handbuch der Mineralogie. Bd. I, Teil 1 und 2. Leipzig, 1897, 1908.

Von Herrn Prof. Dr. Marcel Grossmann, Zürich V:

Über den Aufbau der Geometrie. SA. 1909.

Projektive Konstruktionen in der hyperbolischen Geometrie. SA. Leipzig, 1910.

Von Herrn Prof. Dr. Albert Heim, Zürich V:

Eine Anzahl Einzelnummern aus russischen Zeitschriften.

Von Herrn Prof. Dr. F. Rudio, Zürich V:

Die Herausgabe der sämtlichen Werke Leonhard Eulers. SA. Berlin, 1910.

Von Herrn Oberlehrer Friedr. Zimmermann, Mannheim:

Die Adventiv- und Ruderalflora von Mannheim, Ludwigshafen und der Pfalz nebst den selteneren einheimischen Blütenpflanzen und den Gefässkryptogamen. Mit 4 Bildern. 1. Auflage. Mannheim, 1907.

Von Herrn Prof. Dr. Sigmund Mauderli, Solothurn:

Untersuchungen über Stabilität dynamischer Systeme in der Mechanik des Himmels. Dissertation. Solothurn, 1910.

Von Herrn C. Beckenhaupt, Altenstadt-Weissenburg (Elsass):

Genauere Nachweisung der auf die Schwerkraft, sowie das Bewegungssystem von Erde und Mond bezüglichen Zahlenausdrucke. Rockenhausen (Pfalz), 1910.

Von Herrn N. Lebedinsky, Zürich V:

Schädel eines Rhinoceros antiquitatis Blum. aus dem Gouvernement Tschernigow. SA. Kiew, 1910.

Von Herrn Dr. Otto Schlaginhaufen, Anthropolog. Museum, Dresden:

Zur geographischen Nomenklatur im Bismarckarchipel. SA. Braunschweig, 1910.

Über Siedelungsverhältnisse in Süd-Neumecklenburg. SA. Berlin, 1910.

Von Herrn Prof. Dr. Arnold Lang, Zürich IV:

The Agricultural Gazette of New South Wales. Vol. XX, 1909.

Von Herrn Hans R. Schinz, stud. med., Zürich V:

Referat über Arnold Lang: „Über den Saisonschlaf der Tiere.“ SA. Berlin, 1910.

Die Brockmannsche Auffassung über das Wesen der Eiszeit. SA. Berlin, 1910.

Von Herrn Direktor Prof. Dr. Müller-Thurgau, Wädenswil:

Bericht der Schweiz. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil für die Jahre 1907–1908. SA. Wädenswil, 1910.

Von Herrn Dr. Sinaï Tschulok, Zürich V:

S. Tschulok: Das System der Biologie in Forschung und Lehre. Jena, 1910.

" Zur Methodologie und Geschichte der Deszendenztheorie. Dissertation. SA. Erlangen, 1908.

S. Korschinsky: Heterogenesis und Evolution. Ein Beitrag zur Theorie der Entstehung der Arten. Aus dem Russischen von S. Tschulok. SA. o O. 1901.

Von Herrn Dr. Franz Schwerz in Neuhausen (Schaffhausen):

Versuch einer anthropologischen Monographie des Kantons Schaffhausen, spez. des Klettgaus. SA. Zürich, 1910.

Von Herrn Prof. Johnsen, Mineralog. Institut, Kiel:

Acht Separatabdrucke mineralogischen Inhalts von Prof. Johnsen.

Von Herrn Dr. A. von Schulthess-Schindler, Zürich

Ch. D'Orbigny: Dictionnaire universel d'histoire naturelle servant de complément aux œuvres de Buffon, de G. Cuvier ..... Vol. I–XIV (Texte) et 2 vol. (Atlas.) 2. édition. Paris, 1867–1870.

Von Herrn Prof. Dr. Ulrich Grubenmann, Zürich V:

Die kristallinen Schiefer. 2. Auflage. Berlin, 1910.

B. Im Tausch gegen die Vierteljahrsschrift.

a) Schweiz.

Basel. Naturforsch. Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. XX, Heft 2–3; XXI.

Bern. Schweiz. naturforsch. Gesellschaft. Verhandlung., Session 92, 1909, p. 1–2; Geologische Kommission: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge, Lfg. XXIV und Beilage; Geodätische Kommission. Internationale Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Bd. XII, s. 375–419.

Bern. Schweizer. Landesbibliothek, Bericht X, 1909.

Bern. Eidgen. Oberbauinspektorat, hydrometrische Abteilung. Schweizer. hydrometrische Beobachtungen, Hauptergebnisse 1900 1901, 1906—1907; Graphische Darstellung der schweizer. hydrometrischen Beobachtungen 1908.
Bern. Naturforschende Gesellschaft Bern, Mitteilungen, 1909, No. 1701—1739.
Bern. Schweizer. botanische Gesellschaft, Berichte, Heft XVIII XIX.
Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens, Jahresberichte, neue Folge Bd. LII, 1909—10.
Frauenfeld. Thurgauische naturforsch. Gesellschaft, Mitteilungen, Heft XIX.
Fribourg. Société fribourgeoise des sciences naturelles, Mémoires: Mathématique, Physique, vol. I, fasc. 2; Physiologie, Hygiène, Bactériologie, vol. I, fasc. 2 3; Géologie et Géographie, vol. V; Zoologie, vol. I, fasc. 2; Bulletin, vol. XVII, 1908—09.
Genève. Société helvétique des sciences naturelles, Compte-rendu des travaux, Session XCII, 1909.
Genève. Société de physique et d'histoire naturelle, Mémoires, vol. XXXVI, fasc. 2—3.
Genève. Institut national genevois, Mémoires, t. XIX, 1906—1910; Bulletin, t. XXXVIII—XXXIX.
Lausanne. Société vaudoise des sciences naturelles, Bulletin, 5e série, vol. XLV, No. 167; XLVI, 168—170.
Lugano. Società ticinese di scienze naturali, Bollettino, anno V.
Neuchâtel. Société neuchâteloise des sciences naturelles, Bulletin, t. XXXVI, 1908—09.
Neuchâtel. Commission géodésique suisse, Procès-verbal, 55 et 56. session. 1909-10.
St. Gallen. Naturwissenschaftl. Gesellschaft, Jahrbuch 1908—09.
Schaffhausen. Schweizerische entomologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. XI, Heft 10; XII, Heft 1.
Winterthur. Stadtbibliothek, Neujahrsblatt 1910.
Zürich. Schweizer. Ingenieur- und Architektenverein, Schweizer. Bauzeitung, 1909, Bd. LIV., No. 21—26; 1910, LV, No. 1-26; LVI, No. 1—21.
Zürich. Zuwachsverzeichnis der zürcher. Bibliotheken, 1909, Jahrgang XIII, No. 1—4; 1910, Jahrgang XIV, No. 1.
Zürich. Stadtbibliothek, Jahresbericht 1909.
Zürich. Schweizer. meteorologische Zentralanstalt, Annalen 1908, Jahrg. XLV.
Zürich. Physikalische Gesellschaft, Mitteilungen, 1909, No. 14—15.
Zürich. Museumsgesellschaft, Jahresbericht LXXVI, 1909 und Beilage.
Zürich. Zentralkatalog, Jahresbericht XI, 1909.
Zürich. Schweizer. Zentralanstalt f. d. forstliche Versuchswesen, Mitteilungen, Bd. X, Heft 1.
Zürich. Schweizer. Landesmuseum, Jahresbericht XVIII, 1909.

b) Deutschland.

Altenburg. Naturforsch. Gesellschaft des Osterlandes, Mitteilungen, neue Folge, Bd. XIV.
Annaberg. Annaberg-Buchholzer-Verein f. Naturkunde, Bericht, Bd. XII, 1904-09.
Bautzen. Naturwiss. Gesellschaft Isis, Bericht 1906—09.
Berlin. Deutsche chemische Gesellschaft, Berichte, Jahrgg. XLII, No. 16—19; XLIII, No. 1—15.
Berlin. Gesellschaft naturforschender Freunde, Sitzungsberichte 1909, No. 8—10, 1910, No. 1—6.

Berlin. Deutsche geologische Gesellschaft, Zeitschrift. Bd. LXI, Heft 4; LXII, Heft 1—3.

Berlin. Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte 1909, No. 40—53; 1910, No. 1—39.

Berlin. Botanischer Verein d. Provinz Brandenburg, Verhandlung., Jahrg. LI. 1909.

Berlin. K. preussische geologische Landesanstalt und Bergakademie, Jahrbuch 1906, Bd. XXVII; Register zu Bd. I—XX.

Berlin. K. preuss. meteorolog. Institut, Veröffentlichungen: Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen 2. u. 3. Ordnung, 1896. Heft 1; 1901—03; 1904, Heft 2—3; 1905; Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen 1905—08; Bericht über die Tätigkeit 1905—09; Abhandlungen, Bd. II. No. 2, 5, 6; III, No. 1—7; Gewitterbeobachtungen 1903—05, 1906—07.

Berlin. Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald, Mitteilungen, Jahrg. XLI, 1909.

Bonn. Naturhistorischer Verein. Verhandlungen, 1909, Jahrg. LXVI, 1. Hälfte; Sitzungsberichte 1909, 1. Hälfte.

Braunschweig. Verein für Naturwissenschaft, Jahresbericht, Bd. XVI, 1907—09.

Braunschweig. Deutsche physikalische Gesellschaft, Verhandlungen, Jahrg. XI, No. 20—24; XII, No. 1—12.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XX, Heft 1.

Bremen. Deutsches meteorologisches Jahrbuch für 1901—04. 1909.

Darmstadt. Verein für Erdkunde und geologische Landesanstalt, Notizblatt, 4. Folge, Heft 30.

Dresden. Naturwissenschaftliche Gesellschaft „Isis". Sitzungsberichte und Abhandlungen, 1909, Juli-Dezember; 1910, Januar-Juni.

Dresden. Genossenschaft „Flora", Sitzungsberichte und Abhandlungen, n. Folge, Bd. XII—XIII, 1907—09; XIV, 1909—10.

Dresden. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Heft 10.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Jahresbericht 1908—09, 1909—10.

Emden. Naturforschende Gesellschaft, Jahresbericht Bd. 93, 1907—08.

Erlangen. Physikal.-medizinische Societät, Sitzungsberichte, Bd. XLI, 1909.

Frankfurt a. M. Senckenbergsche naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXXII; Bericht, Bd. XLI, Heft 1—2.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein, Jahresbericht 1908—09.

Freiburg i. B. Naturforsch. Gesellschaft, Berichte, Bd. XVIII, Heft 1.

Giessen. Oberhess. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Bericht, naturwissenschaftl. Abteilung, Bd. III, 1908—09, nebst Register zu Bd. I—XXXIV, alte Folge; Medizin. Abteilung, Bd. V.

Göttingen. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nachrichten, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, 1909, Heft 3—4; 1910, Heft 1—3; Geschäftliche Mitteilungen 1909, Heft 2; 1910, Heft 1.

Halle. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Bd. XXXIII, 1909; XXXIV, 1910.

Halle. Kaiserl. Leopoldinisch-Carolin. deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Heft XLV, No. 10—12; XLVI, No. 1—10; Nova Acta, Bd. 90—91.

Hamburg. Naturhistorisches Museum, Mitteilungen, Jahrg. XXVI.

Hamburg. Mathematische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. IV, Heft 10.

Hanau. Wetterausche Gesellschaft f. die gesamte Naturkunde, Bericht 1903—09.

Hannover. Naturhistor. Gesellschaft, Jahresbericht, Bd. LVIII—LIX, 1907—09.

Heidelberg. Naturhistor.-Medizin. Verein, Verhandlung., n. Folge, Bd. X, Heft 3-4.

Hirschberg i. Schl. Deutscher und österreichischer Riesengebirgs-Verein, Der Wanderer im Riesengebirge, No. 326—337.

Hof. Nordoberfränkischer Verein für Natur-, Geschichts- und Landeskunde, Bericht, Bd. V, 1909.

Karlsruhe. Grossherzogl. Sternwarte zu Heidelberg, Veröffentlichungen, Bd. VI, No. 1—2.

Karlsruhe. Astrophysikal. Observatorium Königstuhl-Heidelberg, Publikationen, Bd. III, No. 7—8.

Karlsruhe. Naturwissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, Bd. XXII, 1908—09.

Kassel. Verein für Naturkunde, Abhandlungen und Bericht, Bd. LII, 1907—09.

Kiel. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abt. Helgoland, neue Folge, Bd. IX, Heft 2; Abt. Kiel, neue Folge, Bd. XI.

Kiel. Naturwiss. Verein für Schleswig-Holstein, Schriften, Bd. XIV, Heft 2.

Krefeld. Verein für Naturkunde und städtisches naturwissensch. Museum, Mitteilungen 1909.

Leipzig. Kgl. sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Abhandlungen, Bd. XXX, No. 6; XXXI; XXXII, No. 1; Berichte über die Verhandlungen 1909, No. 4—5; 1910, No. 1.

Leipzig. Naturforsch. Gesellschaft, Sitzungsberichte, 1908, Bd. XXXV.

Leipzig. Verein für Erdkunde, Mitteilungen 1907—09.

Lübeck. Geograph. Gesellschaft und naturhistor. Museum, Mitteilungen, 2. Reihe, Heft XXIV.

Magdeburg. Städt. Museum für Natur- und Heimatkunde und naturwissensch. Verein, Abhandlungen und Berichte, Bd. II, Heft 1.

Meissen. Naturwissenschaftl. Gesellschaft „Isis“, Mitteilungen 1908—10.

München. Bayer. botan. Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. II, No. 13—14.

München. K. bayer. Akademie der Wissenschaften, Mathemat.-naturwiss. Klasse, Abhandlung., Bd. XXIII, No. 3; XXIV, No. 2—3; XXV, No. 1—4; Supplem., Bd. I, No. 5—10; II, No. 2; III, No. 1; IV, No. 1—2; Sitzungsberichte 1909, No. 4—19 und Schlussheft; 1910, No. 1—9; Veröffentlichungen des erdmagnetischen Observatoriums bei der Sternwarte, Heft 2.

München. Gesellschaft für Morphologie und Physiologie, Sitzungsberichte, Bd. XXV, 1909.

München. Ornithologische Gesellschaft in Bayern, Verhandlungen, Bd. IX, 1908.

München. Hydrotechnisches Bureau, Abteilung der obersten Baubehörde, Jahrbuch (zugleich Jahresbericht), 1909, Jahrg. XI, Heft 1—2 und Beilage.

Mulhouse. Société industrielle, Jahresbericht 1909; Bulletin, 1909, Sept.-Dez.; 1910, Januar-Juli; Procès-verbaux 1909, pag. 163—240; 1910, pag. 1—157; Preisaufgaben für 1911.

Nürnberg. Naturhistor. Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XVIII, No. 1.

Potsdam. Astrophysikalisches Observatorium, Publikationen No. 61; Photogr. Himmelskarte, Katalog, Bd. V.

Regensburg. Naturwiss. Verein, Berichte, Heft XII, 1907—09.

Rostock. Naturforschende Gesellschaft, Sitzungsberichte und Abhandlungen, neue Folge, Bd. I.

Stettin. Entomologischer Verein, Entomologische Zeitung, Jahrg. LXXI, Heft 2; LXXII, Heft 1.

Strassburg. Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unter-Elsass, Monatsbericht 1909, No. 4—6; 1910, No. 1—3.

Strassburg. Geologische Landesanstalt von Elsass-Lothringen, Mitteilungen Bd. VII, Heft 2.

Stuttgart. Naturwissenschaftl. Verein für Sachsen u. Thüringen, Zeitschrift für Naturwissenschaften, Bd. LXXXI, No. 4.

Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde, Jahreshefte, Jahrg. LXVI, und Beilage.

Thorn. Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst, Mitteilungen, Heft XVII.

Würzburg. Physikal.-Medizin. Gesellschaft, Sitzungsberichte, 1909, No. 1—5.

c) Österreich.

Agram. Societas historico-naturalis croatica, Glasnik, Godina XXI, No. 1—2.

Bielitz-Biala. Beskiden-Verein, Mitteilungen, Jahrg. VI, No. 6; VII, No. 1—5.

Brünn. Naturforsch. Verein, Verhandlungen, Bd. XLVII, 1908.

Brünn. Mährische Museumsgesellschaft, Mährisches Landesmuseum, Zeitschrift, Bd. IX, Heft 2; X, Heft 1.

Graz. Naturwissenschaftl. Verein für Steiermark, Mitteilungen 1909, Bd. XLVI, Heft 1—2.

Innsbruck. Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg, Zeitschrift, 3. Folge, Heft LIII, LIV.

Innsbruck. Naturwissensch-mediz. Verein, Berichte, Jahrg. XXXIII, 1910.

Klagenfurt. Naturhistor. Landesmuseum von Kärnten, Carinthia, 1909, No. 6; 1910, No. 1—4.

Klausenburg. Medizin.-naturwissenschaftliche Sektion des siebenbürg. Musealvereins, naturwissenschaftl. Museumshefte, Mitteilungen aus der naturwissenschaftlichen Klasse, Bd. I, Nr. 1—2; II, Nr. 1—2; IV, No. 1—2.

Krakau. Akademie der Wissenschaften, Anzeiger, 1909, No. 8—10; 1910, No. 1a u. b, 2a u. b, 3a u. b, 4a u. b, 5a u. b, 6a u. b, 7a.

Linz. Museum Francisco-Carolinum, Jahresbericht, Bd. LXVIII, mit Beiträgen zur Landeskunde in Österreich ob der Enns, Lfg. LXII.

Linz. Verein für Naturkunde in Österreich ob der Enns, Jahresbericht XXXVIII, 1909.

Lwów. (Léopol, Galizien). Société polonaise pour l'avancement des sciences, Bulletin 1909, No. 9.

Prag. Kgl. böhmische Franz-Josef Akademie der Wissenschaften, Literatur und Kunst, Rozpravi, Trida II, Rocnik XVIII, 1909, und Beilage; Bulletin internat., Sciences mathémat. et naturelles, vol. XIV, 1909.

Prag. Deutscher naturwissensch.-medizin. Verein für Böhmen, Lotos, n. Folge Bd. LVII, 1909, No. 1—10.

Prag. Deutscher polytechnischer Verein in Böhmen, Technische Blätter, 1909, Jahrgang XLI, No. 3—4; 1910, Jahrg. XLII, No. 1—3.

Rovereto. J. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Atti, Seria III, vol. XV, fasc. 3—4; XVI, fasc. 1—2.

Trient. Tridentum, Rivista mensile, Annata XI, fasc. 8—10; XII, fasc. 1—3.

Wien. K. K. geolog. Reichsanstalt, Jahrbuch 1909, Bd. LIX, Heft 3—4; 1910, Bd. LX, Heft 1—3; Verhandlungen, 1909, No. 10—18; 1910, No. 1—12.

Wien. Österr. Touristen-Club, Sektion für Naturkunde, Mitteilungen, Jahrg. XXI.

Wien. Zoologisch-botanische Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. LIX, 1909.

Wien. Naturhistor. Hofmuseum, Annalen, Bd. XXIII, No. 1—2.

Wien. Naturwissenschaftlicher Verein an der Universität, Mitteilungen, Jahrg. 1909, Bd. VII, No. 1—10.

Wien. Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse, Sitzungsberichte, Abt. I, Bd. CXVII, Heft 8—10; CXVIII, Heft 1—10; CXIX, Heft 1—2; Abt. IIa, Bd. CXVII, Heft 10; CXVIII, Heft 1—10; CXIX, Heft 1—4; Abt. IIb, Bd. CXVII, Heft 8—10; CXVIII, Heft 1—10; CXIX, Heft 1—5; Abt. III, Bd. CXVII, Heft 8—10; CXVIII, Heft 1—10; Mitteilungen der Erdbeben-Kommission, neue Folge No. 34—37.

Wien. Geologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. I, 1908, Heft 1—4; II, 1909, Heft 1—4; III, 1910, Heft 1—2.

d) Ungarn.

Budapest. Ungarische geologische Gesellschaft, Zeitschr., 1909, Bd. XXXIX, No. 6—12; 1910, XL, No. 1—2.

Budapest. Regia Societas scientarum natural.-hungarica, Mathem. und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn, Bd. XXIV, 1906; XXV, 1907; Aquila, Bd. XV, 1908; XVI, 1909 und Beilage.

Budapest. Kgl. ungar. geolog. Reichsanstalt, Jahresbericht 1907.

Budapest. Musei nationalis hungarici, Annales historico-naturales, Bd. VII, 1909, p. 2; VIII, 1910, p. 1.

Pressburg. Verein für Natur- und Heilkunde, Verhandlungen, neue Folge, Bd. XVIII, 1906; XIX, 1907 und Beilage: Festschrift 1856-1906; XX, 1908.

e) Holland.

Amsterdam. K. Akademie van Wetenschappen, Proceedings, vol. XII, part 1—2; Jaarboek 1909; Verslag, vol. XVIII, part 1-2; Verhandelingen, 2. Sectie, vol. XV, No. 2; XVI, No. 1—3.

Amsterdam. Wiskundig Genootschap, Nieuw Archief, 2. Reeks, deel IX, No. 2; Wiskundige Opgaven met de Oplossingen, nieuwe Reeks, deel X, No. 5.

Amsterdam. Société mathématique, Revue sémestrielle des publications mathématiques, tome XVIII, part 1—2.

Haarlem. Musée Teyler, Archives, Série II, vol. XII, part 1; Catalogue du Cabinet numismatique, 2. édit., 1909.

La Haye. Société hollandaise des Sciences à Harlem, Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, Série II, tome XIV, No. 5; XV, No. 1—4.; Oeuvres complètes de Christ. Huygens, tome XII.

Luxemburg. Société botanique du Grand Duché de Luxembourg, Bulletin, Société des Naturalistes, vol. XVII-XVIII, 1907—08.

Nijmegen. Nederlandsche botanische Vereeniging, Nederlandsch kruidkundig Archiev, 3. Serie (Verslagen en Mededeelingen) 1909; Recueil, vol. VI, 1909; VII, 1910.

Utrecht. K. nederlandsch meteorolog. Instituut, Meteorolog. Jaarbœk voor 1908, A u. B; Mededeelingen en Verhandelingen, No. 8—10.

Utrecht. Nederlandsche Vereeniging voor Weer- en Sterrenkunde, Hemel en Dampkring, Jahrg. VII, No. 7—12; VIII, No. 1—6.

f) Dänemark, Schweden, Norwegen.

Bergen. Bergens Museum, Aarbog 1909, Heft 3; 1910, Heft 1—2; Aarsberetning 1909; Sars, Crustacea, vol. V, Coppepoda, Harpacticoida, part 27-30.

Christiania. Physiografiska Forening, Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, Bd. XLVII, Heft 3—4; XLVIII, Heft 1—4.

Christiania. Videnskabs Selskabet, Forhandlingar 1909; Skrifter, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse 1909.
Kjobnhavn. Danske Videnskabernes Selskabs, Forhandlingar, Oversigt 1909, No. 4—6; 1910, No. 1—3.
Kjobnhavn. Société botanique, Journal, vol. XXIX, No. 4; XXX, No. 1.
Lund. Acta Universitatis Lundensis, Arskrift, 1909, Bd. V; Register zu Jahrg. 1864—1904.
Stavanger. Stavanger Museum, Aarsheft, Bd. XX, 1909.
Stockholm. Académie royale des Sciences de Suède, Observations météorolog. 1908, und Appendix I—II; 1909; Arsbok 1909; Handlingar, Bd. XLIV, Heft 1—5; XLV, Heft 1—7; Arkiv: Mathematik, Astronomie und Physik, Bd. V; Kemi, Mineralogi und Geologi, Bd. III, Heft 3—5; Botanik, Bd. IX, Heft 1—4; Zoologi, Bd. V, Heft 4; VI, Heft 1—4 und Beilage.
Stockholm. Entomologiska Foreningen, Entomologisk Tidskrift 1909, Jahrg. XXX, Heft 1—4.
Stockholm. Kgl. forstliche Versuchsanstalt, Meddelanden, Heft 2—6.
Tromso. Tromso Museum, Aarsberetning 1908; Aarshefter, Bd. XXX, 1907.
Upsala. Universität, Universitets mineralogisk-geologiska Institut, Aarskrift 1909; Bulletin, vol. IX, No. 17—18; X, No. 19—20 und Index zu vol. I—X; Bibliothek: Linnéskrifter, Bd. III—IV; Jägerskiöld, Results of the Swedish Zoological Expedition to Egypt, part 3.

g) Frankreich.

Angers. Société d'études scientifiques, Bulletin, nouv. Série, année XXXVIII. 1908.
Besançon. Société d'émulation du Doubs, Mémoires, 8e Série, t. III, 1908.
Béziers. Société d'études des sciences naturelles, Bulletin, vol. XXX, 1908.
Bordeaux. Société des sciences physiques et naturelles, Procès-verbaux 1908—09.
Bordeaux. Société Linnéenne, Actes, 7e Série, 1909, tome LXIII.
Charleville. Société d'histoire naturelle des Ardennes, Bulletin, année XIV, 1907.
Clermont-Ferrand. Société des Amis de l'Université de Clermont, Revue d'Auvergne 1909, Juillet, Septembre, Novembre; 1910, Janvier, und Beilage.
Grenoble. Université, Annales, vol. XXI, No. 3; XXII, No. 1.
Lyon. Société botanique, Annales, tome XXXIV, 1909, No. 1—4.
Lyon. Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts, Mémoires (Sciences et Lettres), 3e Série, tome X, 1910.
Montbéliard. Société d'émulation, Mémoires, vol. XXXVI, 1909.
Montpellier. Académie des Sciences et Lettres, Mémoires de la Section des Sciences, 2e Série, tome IV, No. 1—2; Bulletin mensuel 1910, No. 1—7.
Nancy. Société des Sciences, Bulletin des Séances, 3e Série, tome X, fasc. 3.
Nantes. Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France, Bulletin, 2e Série, tome IX, 1909, No. 2—4.
Niort. Société de vulgarisation des Sciences natur. des Deux-Sèvres, Mémoires, vol. I, 1909.
Paris. Société mathématique de France, Bulletin, tome XXXVII, fasc. 4; XXXVIII, fasc. 1—3.
Paris. Société des Jeunes Naturalistes, [La Feuille, 4e Série, année XL No. 470—480; XLI, No. 481.
Paris. Société de biologie, Comptes-rendus 1909, tome LXVII No. 32—37; 1910, tome LXVIII, No. 1—22; LXIX, No. 23—32.

Paris. Société géologique de France, Bulletin, 4e Série, tome VIII, fasc. 7–8; IX, No. 1–4.
Paris. Société scientifique de la France et de la Belgique, Bulletin scientifique, tome XLIII, fasc. 3–4; XLIV, fasc. 1.
Paris. Société philomatique, Bulletin, 10e Série, tome I, No. 4–6; II, No. 1–3.
Toulouse. Faculté des Sciences, Annales de l'Université, 3e Série, t. I, 1909, fasc. 1.
Toulouse. Société d'histoire naturelle, Bulletin, 1909, No. 3–4.

h) Belgien.

Anvers. Société royale de géographie, Bulletin, tome XXXIII, fasc. 3–4.
Bruxelles. Académie royale de Belgique, Annuaire 1910; Bulletin de la Classe des sciences 1909, No. 9–12; 1910, No. 1–6.
Bruxelles. Société belge de géologie, Bulletin, 2e Série: Mémoires, année XXIII, 1909, fasc. 3–4; Procès-verbal, année XXIII, 1909, No. 7–10; XXIV, 1910, No. 1–3.
Bruxelles. Observatoire royal de Belgique, Annuaire météorologique 1910;
Bruxelles. Société royale zoologique et malacologique, Annales, t. XLIII, 1908,
Bruxelles. Société entomologique de Belgique, Annales, tome LIII, 1909; Mémoires, vol. XVII.
Bruxelles. Société royale de Botanique, Bulletin 1909, No. 1–4; 1910, No. 1–2.
Gent. Vlaamsch natuur- en geneeskundig Congres, Handelingen, vol. XIII, 1909.
Liège. Société royale des Sciences, Mémoires, 3. Série, tome VIII.

i) Grossbritannien und Irland.

Bristol. Naturalists Society, Proceedings, 4. Series, vol. II, part 2.
Cambridge. Philosophical Society, Proceedings, vol. XV, part 3–6; Transactions, vol. XXI, No. 9–14.
Dublin. Royal Irish Academy, Proceedings, Section B, vol. XXVIII, No. 1–8.
Dublin. Royal Academy of Medecine, Transactions, vol. XXVIII.
Dublin. Royal Dublin Society, Scientific Proceedings, new Series, vol. XII, No. 24–36; Economic Proceedings, new Series, vol. II, No. 1–2.
Edinburgh. Royal Scottish geographical Society, Magazine 1909, No. 12; 1910, No. 1–11.
Edinburgh. Royal Society, Proceedings, vol. XXIX, part 8; XXX, part 1–6; Transactions, vol. XLVII, part 1–2.
Edinburg. Geological Society, Transactions, vol. IX, part 3–4 and Special part.
Edinburg. Mathematical Society, Proceedings, vol. XXVIII, 1909–10.
Edinburg. Royal Physical Society, Proceedings vol. XVII, No. 5; XVIII, No. 1-2.
Edinburg. Botanical Society, Transactions and Proceedings, vol. XXIV, p. 1.
Glasgow. Natural History Society, Glasgow Naturalist, vol. 1. No. 1–4.
Liverpool. Biological Society, Proceedings and Transactions, vol. XXIIII, 1908–09; XXIV, 1909–10.
London. Royal Geographical Society, Geographical Journal, vol. XXXIV, No. 6; XXXV, No. 1–6; XXXVI, No. 1–5.
London. Mathematical Society, Proceedings, Series II, vol. VII, No. 7; VIII, No. 1–7.
London. Royal microscopical Society, Journal 1909, part 6; 1910, part 1–5.
London. Royal Society, Proceedings, Series A: Mathematical and physical Scienc., vol. LXXXIII, No. 560–566; LXXXIV, No. 567–571; Series B: Biological Sciences, vol. LXXXI, No. 551; LXXXII, No. 552–560.

London. Zoological Society, Proceedings 1909, pag. 739—952; 1910, pag. 1—836. Transactions, vol. XIX, part 2—5.

London. Linnean Society, Journal: Botany, vol. XXXIX, No. 271—272; Zoology, vol. XXX, No. 200—202; XXXI, No. 206—207; Proceedings, Session 121, 1908—09; 122, 1909—10.

London. His Majestys Astronomer of Cape of Good Hope, Report 1909.

London. British Association for the Advancement of Sciences, Report 1909, vol. LXXIX.

London. Royal Astronomical Society, Memoirs, vol. LIX, part 4.

Manchester. Literary and philosophical Society, Memoirs and Proceedings, vol. LIV, part 1—3.

Manchester. Manchester Museum, Owens College, Publications, No. 67—69.

k) *Italien.*

Catania. Accademia Gioenia di scienze naturali. Atti, 5. Seria, vol. II, 1909; Bollettino delle sedute, n. Seria, 1909—10, fasc. 9—13.

Firenze. R. Stazione de Entomologia Agraria, Redia, Giornale di Entomologia, vol. V, fasc. 2; VI, fasc. 1—2.

Genova. Società Ligustica di Scienze naturali e geographica. Atti, vol. XX, No. 2—4.

Milano. Società italiana di scienze naturali e del Museo Civico, Atti, vol. XLVIII, fasc. 3—4; XLIX, fasc. 1.

Milano. Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere, Rendiconti, Seria II, vol. XLI, No. 17—20; XLII, No. 1—15.

Modena. Società dei Naturalisti e Matematici, Atti, Seria IV, vol. XI, 1909, anno XLII.

Napoli. Accademia delle scienze fisiche e mathematiche, Rendiconti, Seria III, vol. XIV, No. 8—12; XV, No. 1—12.

Napoli. R. Scuola superiore di Agricoltura in Portici, Annali, Seria II, vol. V—VIII, 1904—08.

Padova. Istituto d'igiene della R. Università, Pubblicazioni, vol. IV, 1909.

Padova. Accademia Scientifica Veneto-Trentina-Istriana, Atti, 3. Seria, Anno II.

Palermo. R. Istituto botanico, Contribuzioni alla biologia vegetale, vol. IV, fasc. 2.

Palermo. Società di Science naturali de economiche, Giornale, vol. XXVII, 1909.

Palermo. Circolo matematico, Rendiconti, tomo XXVIII, fasc. 3; XXIX, fasc. 1—3 und Supplement IV, No. 5—6; V, No. 1—4; XXX, fasc. 1—2; Anuario 1910.

Pisa. Società Toscana di scienze naturali, Atti: Memorie, vol. XXV; Processi verbali, vol. XVIII, No. 5—6.

Portici. Laboratorio di Zoologia generale e agraria, Bollettino, vol. IV.

Roma. R. Accademia dei Lincei, Atti, 5. Seria, vol. XVIII, 2. semestre, No. 9-12; XIX, 1. semestre, No. 1—12; 2. semestre No. 1—8; Rendiconto, Anno CCCVII, 1910, vol. II.

Roma. Società Romana di Antropologia, Atti, vol. XV, fasc. 1—3.

Roma. Comitato geologico d'Italia, Bollettino, 4. Seria, vol. X, No. 1—5; 5. Seria, vol. I, Nr. 1; Memorie, vol. V, p. 1.

Roma. Società Zoologica Italiana, Bollettino, Seria II, vol. X, No. 1—12; XI, No. 1—2.

Roma. R. Stazione chimico agraria sperimentale di Roma, Annali, Seria II, vol. III, 1909.
Torino. R. Accademia delle scienze, Atti, vol. XLIV, No. 7—15; XLV, No. 1—10; Memorie, 2. Seria, tomo LIX.
Torino. R. Accademia d'Agricoltura, Annali, vol. LII, 1909.

l) Spanien, Portugal.

Lisboa. Sociedade de geographia, Boletin, Seria, 27, 1909, No. 8—12; Seria 28, 1910, No. 1—6.
Lisboa. Direcção dos serviços geologicos, Choffat: La Géologie portugaise et l'œuvre de Nery Delgado. Extrait. 1909; Dollfus & Cotter: Le Pliocène au Nord du Tage. I. Pelecypoda (Mollusques tertiaires du Portugal).
Lisboa. Société portugaise de sciences naturelles, Bulletin, vol. III, No. 1—4 et Supplément; III, No. 1; IV, No. 1.
Porto. Academia Polytechnica, Annaes scientificos, vol. V, No. 1—3.
Zaragoza. Sociedad Aragonesa de Ciencias naturales, Boletin, tomo VIII, No. 9—10; IX, No. 1—8.

m) Russland, Rumänien.

Dorpat. Naturforscher-Gesellschaft der Universität, Sitzungsberichte, 1909, Bd. XVIII, No. 1—4.
Helsingfors. Societas pro Fauna et Flora fennica, Meddelanden, Bd. XXXV, 1908—09.
Helsingfors. Finska Vetenskaps-Societeten, Bidrag, Heft 67, No. 1—3; 68, No. 1—2; Öfversigt af Forhandlingar, Bd. LI, 1908—09, A. u. C.; LII, 1909—10, A. u. C.; Institut météorolog. central, Observations météorologiques 1899—1900; Jahrbuch, meteorologisches, Bd. III, 1903 und Beilage.
Helsingfors. Societatis scientarum fennica, Acta, tome XXXV, No. 1—10 und Beilage; XXXVI, No. 1—4; XXXVII, No. 1—11; XXXVIII, No. I, 3, XXXIX; XL, No. 1—4.
Jassy. Université, Annales scientifiques, tome VI, fasc. 2—3.
Kiew. Société des Naturalistes, Mémoires, vol. XX, fasc. 4; XXI, fasc. 1—2.
Moscou. Société Impériale des Naturalistes, Bulletin, 1908, No. 1—4; 1909.
St. Petersburg. Académie Impériale des Sciences, Bulletin, 6e Série, 1909, No. 15—18; 1910, No. 1—15.
St. Petersburg. Comité géologique, Bulletin, 1909, vol. XXVIII, No. 1—8; Mémoires, nouv. Série, livrais. 40, 51—52.
St. Petersburg. Observatoire physique central Nicolas, Publications, 2e Série, vol. VII, No. 1—2; XV; XVIII, No. 4.
Riga. Technischer Verein, Industrie-Zeitung, Jahrg. XXXV, 1909, No 20—24; XXXVI, 1910, No. 1—18 und Beilage.
Riga. Naturforscher-Verein, Korrespondenzblatt, Bd. LII.

n) Nord-, Süd- und Zentral-Amerika.

Albany. University of the State of New York, New York State Museum, Annual Report, 1908, vol. 1—4.
Austin. Texas Academy of Science, Transactions 1907, vol. X.
Baltimore. John Hopkins University, Circulars 1909, No. 8—9; 1910, No. 1—4.

Baltimore. American chemical Journal, vol. XLII, No. 2—4. 6; XLIII, No. 1—6; XLIV, No. 1.

Berkeley. University of California, Publications: Botany, vol. IV, No. 1—5; Zoology, vol. V, No. 4—12; VI, No. 3—9; VII, No. 1.

Boston. American Academy of Arts and Sciences, Proceedings, vol. XLIV, No. 26; XLV, No. 1—20.

Boston. Boston Society of Natural History, Proceedings, vol. XXXIV, No. 5—8; Occasional Papers, vol. VII, No. 11.

Brooklyn. Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences, Science Bulletin, vol. I, No. 17.

Buenos-Aires. Museo Nacional, Anales, Seria III, tomo XI—XII.

Buffalo. Society of Natural Sciences, Bulletin, vol. IX, No. 3.

Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society, Journal, vol. XXV, No. 3—4; XXVI, No. 1—2.

Chicago. Field Columbian Museum, Publications: Report Series, vol. III, No. 4; Zoological Series, vol. VII, No. 8—10; X, No. 2—3.

Chicago. University of Chicago, Botanical Gazette, vol. XLVIII, No. 4—6; XLIX, No. 1—6; L, No. 1—4.

Chicago. Academy of Sciences, Bulletin, vol. III, No. 1—3; Natural History Survey, vol. VII, No. 1.

Cincinnati. Society of Natural History, Journal, vol. XXI, No. 2.

Cincinnati. Lloyd Library of Botany, Pharmacy and Materia Medica, Bulletin, No. 12—13; Mycological Notes, No. 30—35.

Colorado (Boulder). University of Colorado, Studies, vol. VII, No. 1—4.

Columbus. Ohio State University, Ohio Naturalist, vol. X, No. 1—8.

Davenport. Davenport Academy of Sciences, Proceedings, vol. XII, pag. 95—222.

Des Moines. Jowa Geological Survey, Annual Report 1908, vol. XIX.

Des Moines. Jowa Academy of Sciences, Proceedings, vol. XV, 1908.

Halifax. Nova Scotian Institute of Science, Proceedings and Transactions, vol. XII, part 2.

Indianapolis. Indiana Academy of Sciences, Proceedings 1908.

Lancaster. American Mathematical Society, Bulletin, 2. Series, vol. XVI, No. 3—10; XVII, No. 1—2.

Lansing. Michigan Academy of Science, Annual Report, vol. XI, 1909.

La Plata. Museo de la Plata, Revista, vol. XVI und Beilage.

Lawrence. Kansas University, Science Bulletin, vol. XI, No. 7; Geological Survey: Report, vol. IX.

Lincoln. University of Nebraska, Agricultural Experiment Station, Annual Report, vol. XXII; Bulletin No. 111—112; Press Bulletin, No. 31; University Studies, vol. IX, No. 3—4; University Bulletin, vol. XV, No. 9.

Lincoln. American microscopical Society, Transactions, vol. XXIX, No. 1.

Madison. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters, Transactions, vol. XVI, p. I, No. 1—6.

Mexico. Observatorio meteorologico central, Boletin mensual, 1905, Februar-Oktober; 1909, Mai-September, November-Dezember.

Mexico. Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Anuario 1910.

Mexico. Sociedad scientifica „Antonio Alzate“, Memorias y Revista, vol. XXV, No. 9—12; XXVII, No. 4—10.

Mexico. Istituto geologico, Boletin, No. 25 u. Atlas; Parergones, vol. III, No. 2—5.

Mexico (Aguas calientes). El Instructor, Anno XXVI, No. 7—12.

Milwaukee. Public Museum, Bulletin, vol. I, art. 1.

Milwaukee. Wisconsin Natural History Society, Bulletin, new Series, vol. VII, No. 3—4; VIII, No. 1—3.

Minneapolis. University of Minnesota, Geological and natural History Survey, Botanical Series, vol. VIII.

Montana. University of Montana, Bulletin, No. 53—54, 56.

Montevideo. Museo Nacional, Flora uruguaya, tomo IV, entraga 2.

New Haven. American Journal of Science, 4. Series, vol. XXVIII, No. 12; XXIX, No. 1—6; XXX, No. 7—11.

New Haven. Connecticut Academy of Arts and Science, Transactions, vol. XIV, pag. 291—466; XVI, pag. 1—116.

New York. Academy of Sciences, Annals, vol. XIX, part 1—3.

New York. New York Botanical Garden, Bulletin, vol. VI, No. 21; VII, No. 24.

Oberlin. Wilson Ornithological Club, Bulletin, vol. XIV—XXI; XXII, No. 1—2.

Ottawa. Royal Society of Canada. Proceedings and Transactions, 3. Series. vol. II, 1908, p. 1—2; III, 1909.

Ottawa. Geological and Natural History Survey of Canada, Section of Mines, Annual Report 1909; Report: Publications, No. 965, 975, 980, 998, 999, 1016, 1031—32, 1035, 1050, 1052—58, 1070, 1073, 1081, 1085—86; Summary Report, 1906—07; Catalogue of Canadian birds, (973) 1909; Contributions to Canadian Palaeontology, vol. III, part 5.

Para. Museu Parænse (Museo Gœldi), Boletin 1909, vol. VI.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences, Proceedings, vol. LXI, p. 2—3; LXII, p. 1.

Philadelphia. American philosophical Society, Proceedings, vol. XLVIII, No. 192—193; XLIX, No. 194—196.

Philadelphia. Zoological Society, Annual Report, vol. XXXVIII.

Philadelphia. University of Pennsylvania, Contributions from the Zoological Laboratory, 1909—10; vol. XV.

Pittsburgh. Allegheny Observatory, Publications, vol. I, No. 20—23; II, No. 1—3.

Portland. Society of Natural History, Proceedings, vol. II, part 8.

San Francisco. California Academy of Science, Proceedings, Mathemat.-physikal. Klasse, 4. Series, vol. III, pag. 49—72.

Santiago. Deutscher wissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, Bd. V, Heft 2.

St. Louis. Missouri Botanical Gardens, Report, vol. XX, 1909.

Topeka. Kansas Academy of Science, Transactions, vol. XXII.

Toronto. Canadian Institute, Transactions, vol. VIII, p. 4.

Tufts. College Studies, vol. II, No. 3; III, No. 1.

Urbana. University of Illinois, State Geological Survey, Bulletin No. 9—14; Agricultural Experiment Station, Bulletin, No. 131, 133, 137—143, 145—147; University Bulletin, vol. VI, No. 3; VII, No. 2; Bureau of Geology and Mines, 2. Series, vol. VII, VIII, IX, No. 1—2.

Washington. U. S. Department of Agriculture, Yearbook 1908, 1909.

Washington. U. S. Naval Observatory, Report 1909.

Washington. Smithsonian Institution, Bulletin: U. S. National Museum, No. 63, 65—69, 71, 72; Annual Report 1908; Annual Report of the U. S. National Museum 1909; Proceedings, U. S. National Museum, vol. XXXVI, 1909; Contributions from the U. S. National Herbarium, vol. XII, p. 10; XIII, p. 1—5; XIV; p. 1; Bureau of Ethnology, Bulletin, No. 38—39, 41—42, 48; Smithsonian miscellaneous Collections, No. 1869—1870, 1872, 1920, 1922—1927, 1929—1931, 1933—1937, 1939—1942, 1945.

Washington. Philosophical Society, Bulletin, vol. XV, pag. 133—187.
Washington. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Bulletin No. 341, 360, 370, 373—375, 377, 379—380, 382—389, 392—424, 428; Report XXX, 1909; Professional Papers, No. 64—67; Mineral Resources, 1908, p. 1—2; Water Supply and Irrigation Papers, No. 224, 227—236, 238, 241—245, 248—249, 252.

o) Uebrige Länder.

Batavia. Kon. magnetic en meteorolog. Observatorium, Regenwaarnemingen in Ned.-Indië, Jahrg. XXX, 1908, 1. u. 2. Teil; Observations, vol. XXX, 1907 u. Appendix 1—2.
Bombay. Bombay branch of the Royal Asiatic Society, Journal vol. XXIII, No. 64.
Bombay. Anthropological Society, Journal vol. VIII, No. 5.
Calcutta. Geological Survey of India, Memoirs, Series XV, vol. XXXVII, p. 4; XXXVIII; vol. III, No. 1; IV, No. 2; Palaeontologica Indica, new Series, vol. VI, No. 2; Records, vol. XXXVIII, p. 3—4; XXXIX.
Calcutta. Asiatic Society of Bengal, Mémoirs, vol. II, No. 5—9; Journal and Proceedings, vol. IV, 1908, No. 5—11; Journal, vol. LXXIV, 1909, p. 4.
Calcutta. Department of Agriculture, Botanical Series: Memoirs, vol. III, No. 2—5; Entomological Series, vol. II, No. 8; Report, 1907—09.
Cape Town. Royal Society of South Africa, Transactions, vol. I, p. 2.
Colombo. Royal Botanic Gardens, Peradeneya, Annals, vol. IV, p. 6; Circulars, vol. IV, No. 20—25; V, No. 1—4.
Kyōto. College of Science and Engineering, Imperial University, Memoirs, vol. II, No. 1—8.
Le Caire. Société Entomologique d'Egypte, Bulletin 1909, No. 3—4; 1910, No. 1—2; Mémoirs, vol. I, fasc. 2.
Madras. Government Museum, Anthropology. Thurston & Rangachari: Castes and tribes of Southern India. Vol. I—VII, Madras 1909.
Melbourne. Royal Society of Victoria, Proceedings, new Series, vol. XXII, p. 2; XXIII, p. 1; Transactions, 1909, vol. V, p. 1.
Pretoria. Transvaal Museum, Annals, vol. II, No. 1—2 and Supplement.
Sidney. Australian Association for the Advancement of Science, Report, vol. XII, 1909.
Sidney. Australian Museum, Records, vol. VII, No. 5; Report, vol. X, 1908—09; Memoirs, vol. IV, p. 12.
Tokyo. Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens, Mitteilungen, Bd. XII, Teil 1.
Tokyo. College of Science, Imperial University, Journal, vol. XXVI, No. 2; XXVII, No. 3—14; Mitteilungen aus der medizin. Fakultät, Bd. VIII, No. 3; IX, No. 1.

C. Anschaffungen.

Akademien, Allgemeines.

Année biologique, vol. XII, 1907.
Archiv für Anthropologie, neue Folge, Bd. IX, Heft 1—4.
Archiv für gesamte Physiologie (Pflüger), Bd. CXXX, Heft 1—12; CXXXI, Heft 1—12; CXXXII, Heft 1—12; CXXXIII, Heft 1—12; CXXXIV, Heft 1—12; CXXXV, Heft 1—4.
Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. LXXIV, Heft 4; LXXV, Heft 1—4; LXXVII, Heft 1.

Archivio per l'antropologia e la etnologia, 1906—08, vol. XXXVI—XXXVIII. 1909, vol. XXXIX, No. 1—4; 1910, XL, No. 1.
Centralblatt, biologisches, 1909, No. 22—24; 1910, No. 1—21.
Centralblatt für Physiologie, Bd. XXIII, No. 16—26 u. 26a; XXIV, No. 1—15;
Comptes-rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences, Session XXXVII, 1908.
Denkschriften, neue, der schweizer. naturforsch. Gesellschaft, Bd. XLV, Abhandlung 1—2.
Journal, the quarterly, of microscopical Science, new Series, vol. LIV, part 2—4; LV, p. 1—4.
Magazine, philosophical, and Journal of Science, 1909, December; 1910, January-November.
Naturalist, the American, vol. XLIII, No. 516—518; XLIV, No. 519—527.
Rundschau, naturwissenschaftliche, 1909, No. 45—52; 1910, No. 1—45.
Science, new Series, vol. XXX, No. 775—783; XXXI, No. 784—808; XXXII, No. 809—827.
Transactions, philosophical, of the Royal Society of London, Series A, vol. CCIX; Series B, vol. CIC; CC.
Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, 81. Versammlung, 1. u. 2. Hälfte, Teil 1—2.
Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. XXVI, Heft 3—4; XXVII, Heft 1.

Astronomie, Meteorologie.

Connaissance des temps, publ. par le Bureau de Longitudes pour 1910, 1911.
Jahrbuch, Berliner astronomisches, für 1912.
Nachrichten, astronomische, Bd. 182, No. 4365—4368; Bd. 183, No. 4369—4392; Bd. 184, No. 4393—4416; Bd. 185, No. 4417—4440; Bd. 186, No. 4441—4449.
Zeitschrift, meteorologische, 1909, Heft 11—12; 1910, Heft 1—10.

Botanik.

Annales des sciences naturelles, Botanique, 9e Série, t. X, No. 1—6; XI, No. 1—6; XII, No. 1.
Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, 2e Série, vol. VIII, p. 1—2; III. Supplément, p. 1—2.
Annals of Botany, vol. XXIV, No. 93—96.
Bibliotheca botanica, Heft 70; 72, p. 1; 74, p. 1—2.
Bulletin de la Société botanique de France, 4e Série, tome IX, 1909, No. 6—9; X, 1910, No. 1—4; Session extraordinaire, tome LV, 1908, Vosges 1908; LVI, 1909, Tunisie 1909; Mémoires, 4e Série, tome IX, 1909, No. 15—16; X, 1910, No. 3, 8c.
Engler und Prantl, die natürlichen Pflanzenfamilien, Liefg. 236—242; Register zu Teil I.
Hedwigia, Organ für Kryptogamenkunde, Bd. XLIX, Heft 4—6; L, No. 1—3.
Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Bd. XLVII, Heft 2—5; XLVIII, Heft 1—3.
Memoirs of the Torrey botanical Club, vol. XIV, No. 2.
Rabenhorst, Kryptogamenflora I, Abt. IX, Pilze, Liefg. 115—119; Abt. VI, Lebermoose, Liefg. 10—12.
Reichenbach, Deutschlands Flora, 1. Serie, Bd. XIX, 2, Liefg. 28—33; Bd. XXV, Liefg. 3—8.
Smith, J. J.: Die Orchideen von Java, (Flora von Buitenzorg) Heft 3. Leiden, 1910. (Figuren-Atlas.)

Geographie, Ethnographie.

Archiv, internationales, für Ethnographie, Bd. XIX. Heft 3—6 und Supplement zu Bd. XIX.
Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. XVIII, Heft 6; XIX, Heft 1—2.
Jahrbuch des Schweizer. Alpenklubs, Jahrg. XLV, 1909—10 und Beilage.
Jahrbuch, geographisches, Bd. XXXII, 1909, 2. Hälfte; XXXIII, 1910.
Journal des Museums Godeffroy, Heft XVII: Günther, Fische der Südsee, Heft 9.
Mitteilungen der geographischen Gesellschaft, in Wien, Bd. LII, No. 10—12; LIII, No. 1—8.
Penck, Geograph. Abhandlungen, Bd. IX, Heft 3.
Süd-Polar-Expedition, deutsche (Drygalski), Bd. II, Geographie und Geologie, Heft 6; VII, Bakteriologie, Chemie, Hygiene, Sport, Heft 2; XI—XII, Zoologie, Bd. III, Heft 4—5; Heft 1—3.

Geologie, Petrographie, Mineralogie und Palæontologie.

Abhandlungen der schweiz. palæontologischen Gesellschaft, Bd. XXXVI, 1909—10.
Abhandlungen, geologische und palæontologische, neue Folge Bd. VIII, Heft 6; IX, Heft 1—4.
Annales des Mines, 10e Série, tome XVI, 1909, No. 7—12; XVII, 1910, No. 1—5.
Annales de Paléontologie, tome IV, fasc. 4; V, fasc. 1—3.
Beiträge zur Palæontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, Bd. XXII, Heft 3—4; XXIII, Heft 1—3.
Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, 1909, No. 22—24; 1910, No. 1—21.
Eclogæ geologicæ helvetiæ, Mitteilungen, 1910, vol. XI, No. 1—2.
Jahrbuch, neues, für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, Hauptwerk, 1909, Bd. II, Heft 2—3; 1910, Bd. I, Heft 1—3; II, Heft 1, Beilagebände, Bd. XXVIII, Heft 3; XXIX, Heft 1—3; XXX, Heft 1—2.
Jahreshefte, geognostische, Jahrg. XXI, 1908.
Journal, the quarterly, of the geological Society, vol. LXV, p. 4; LXVI, p. 1—3.
Lacroix, A., Mineralogie de la France, t. III, p. 2.
Magazine, geological, new Series, Decade V, vol. VI, No. 546. VII, No. 547—557.
Palæontographica, Bd. LVI, Liefg. 4—6; LVII, Liefg. 1—4; Supplement Bd. V, Lfg. 1—2.
Tschermaks mineralogische und petrograph. Mitteilungen, n. Folge, Bd. XXVIII, Heft 4—6; XXIX, Heft 1—2.
Zeitschrift für Kristallographie, Bd. XLVII, Heft 2—6; XLVIII, Heft 1—4; Repertorium und Generalregister zu Bd. XXXI—XL, 1. u. 2. Teil.

Mathematik.

Archiv für Mathematik und Physik (Grunert), 3. Reihe, Bd. XV, No. 3—4; XVI, No. 1—4.
Giornale di Matematiche, vol. XLVII, Juli-Dezember. XLVIII, Januar-August.
Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, 1907, Bd. XXXVIII, Heft 2—3.
Journal de mathématiques, 6e Série, tome V, 1909, fasc. 3—4; VI, 1910, fasc. 1—3.
Journal für reine und angewandte Mathematik, Bd. CXXXVII, No. 2—4; CXXXVIII, No. 1—4; CXXXIX, No. 1.
Journal, the quarterly, of pure and applied mathematics, vol. XLI, No. 1—4; XLII, No. 1.

Messenger of Mathematics, new Series, vol. XXXIX, No. 8—12; XL, No. 1—7.
Revue de Mathématiques, Beilage: Bollettino di bibliographia, Anno XI, 1908—09, fasc. 4, XII, 1910, fasc. 1—2.
Thomson, Mathematical and physical papers, vol. IV.

Physik, Chemie.

Annalen der Physik, 4. Folge, 1909, No. 14—15; 1910, No. 1—15.
Annales de chimie et de physique, 8e Série, 1909, Novembre-Décembre; 1910, Janvier-Novembre.
Beiblätter zu den Annalen der Physik, 1909, No. 23 u. 23b, 24; 1910, No. 1—22.
Gazetta chimica, anno XXXIX, 1909, p. I, fasc. 4; II, fasc. 4—6; XL, 1910, p. I, fasc. 1—6; II, fasc. 1—2.
Gerland, Geo., Beiträge zur Geophysik, Bd. X, Heft 2—3.
Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1905 -08, Heft 1—15; Generalregister 1897—1904, Teil I, Autorenregister.
Journal de physique, 4e Série, tome VIII, No. 12; IX, No. 1—11.
Journal für praktische Chemie, neue Folge, Bd. LXXX, No. 21—23; LXXXI, No. 1—13; LXXXII, No. 14—21.
Journal of the Chemical Society, 1909, November-December; Supplement: Indexes 1909; 1910, January-October.
Liebigs Annalen der Chemie, Bd. CCCLXX—CCCLXXVI.
Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. LXVIII, Heft 2—6; LXX; LXXI, Heft 1—6; LXXII, Heft 1—6; LXXIII, Heft 1—6; LXXIV, Heft 1—5; LXXV, Heft 1—2; Namen- und Sachregister zu Bd. XXV—L, Liefg. 6—9.

Zoologie.

Annales des sciences naturelles, Zoologie, 9e Série, Année LXXXV, tome X, No. 1—6; LXXXVI, tome XI, No. 1—6; XII, No. 1—3.
Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. 71, Bd. II, Heft 2, Liefg. 2—3; 72, Bd. II, Heft 2, Lfg. 2—3; 73, Bd. II, Heft 2, Lfg. 2; 74, Bd. II, Heft 1; Heft 2, Lfg. 1; Heft 3; 75, Bd. I, Heft 3; II, Heft 1, 3; 76, Bd. I, Heft 1—2.
Archives de Zoologie expériment. et générales, 4e Série, t. VI—VII; 5e Série, t. II, No. 1—7; III, No. 1—5; IV, No. 1—3; V, No. 1—8; Notes et Revue, 5e Série, t. II, No. 1—2; V, No. 1—5.
Cellule, la, tome XXV, fasc. 2; XXVI, fasc. 1—2.
Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Heft 33, Teil 1 (Jahrg. XXIV).
Jahresbericht, zoologischer, herg. von der zoolog. Station von Neapel für 1908.
Journal de Conchyliologie, vol. LVII, No. 4, LVIII, No. 1.
Journal für Ornithologie, Jahrg. LVIII, Heft 1—4; Sonderheft 1910.
Mitteilungen aus der zoologischen Station zu Neapel, Bd. XVIII, Heft 4; XIX, Heft 1—4.
Plankton-Expedition, Ergebnisse der, Bd. III. L. h. 10: Borgert, Porospathidæ und Cadiidæ.
Transactions of the Entomological Society, London, 1909, p. IV—V; 1910, p. I—II.

Der Bibliothekar:
Hans Schinz.

Verzeichnis der Mitglieder

der

Naturforschenden Gesellschaft in Zürich,

abgeschlossen am 13. März 1911.

I.

Präsidenten der Gesellschaft[1]).

1746—1790 **Johannes Gessner,** Dr. med., Chorherr, Professor der Physik und Mathematik
1790—1803 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt und Ratsherr.
1803—1812 **Joh. Heinrich Rahn,** Dr. med., Chorherr.
1812—1831 **Paul Usteri,** Dr. med., Arzt, Naturforscher und Staatsmann.
1831—1834 **Joh. Caspar Horner,** Dr. phil., Professor der Mathematik, Forschungsreisender.
1834—1847 **Heinr. Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften.
1847—1849 **Albert Mousson,** Dr. phil, Professor der Physik.
1849—1851 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1851—1853 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1853—1855 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1855—1857 **Heinrich Frey,** Dr. med., Professor der Zoologie.
1857—1859 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1859—1861 **Rudolf Clausius,** Dr. phil, Professor der Physik.
1861—1863 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1863—1865 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1865—1867 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1867—1869 **Gustav Zeuner,** Dr. phil., Professor der Mechanik.
1869—1870 **Pompejus Bolley,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1870—1872 **Johannes Wislicenus,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1872—1874 **Carl Culmann,** Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften.
1874—1876 **Ludimar Hermann,** Dr. med., Professor der Physiologie.
1876—1878 **Carl Cramer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1878—1880 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1880—1882 **Heinrich Friedrich Weber,** Dr. phil., Professor der Physik.
1882—1884 **Eduard Schär,** Dr. phil., Professor der Pharmacie.
1884—1886 **Wilhelm Fiedler,** Dr. phil., Professor der darstellenden Geometrie.
1886—1888 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1888—1890 **Carl Schröter,** Dr. phil., Professor der Botanik.

[1]) Die historischen Angaben sind dem 1. Band der Festschrift zum 150jährigen Jubiläum entnommen, die im Jahr 1896 von Professor Rudio verfasst wurde. Diese Arbeit gibt nicht nur ein getreues Bild der Entwicklung unserer Gesellschaft, sondern ist zugleich ein interessantes Stück Zürcher Kulturgeschichte. Sie ist bei der Buchhandlung Beer & Co., Peterhofstatt, Zürich, zum Preise von Fr. 10.— zu beziehen. (Der 2. Band, zum gleichen Preise käuflich, enthält zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten.) Der Vorstand.

1890—1892 **Heinrich Friedrich Weber**, Dr. phil., Professor der Physik.
1892—1894 **Georg Lunge**, Dr. phil., Professor der Chemie.
1894—1896 **Alfred Kleiner**, Dr. phil., Professor der Physik.
1896—1898 **Wilhelm Ritter**, Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften.
1898—1900 **Ferdinand Rudio**, Dr. phil., Professor der Mathematik.
1900—1902 **Jakob Escher-Kündig**, Dr. phil.
1902—1904 **Arnold Lang**, Dr. phil., Professor der Zoologie.
1904—1906 **Ulrich Grubenmann**, Dr. phil., Professor der Mineralogie.
1906—1908 **Alfred Werner**, Dr. phil., Professor der Chemie.
1908—1910 **Max Standfuss**, Dr. phil., Professor der Zoologie.

II.

Sekretäre und Aktuare.

1746—1752 **Hans Ulrich von Blaarer** und **Hans Conrad Heidegger**. 1752—1759 **Hans Caspar Hirzel**, Dr. med., Stadtarzt. 1759—1778 **Salomon Schinz**, Dr. med., Arzt und Naturforscher. 1778—1790 **Hans Rudolf Schinz**, Pfarrer und Naturforscher. 1790—1796 **Johann Heinrich von Orelli**. 1796—1799 **David Rahn**, Dr. med., Stadtarzt. 1799—1801 **Johann Jakob Cramer**, Pfarrer und Professor. 1801—1823 **Heinrich Rudolf Schinz**, Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften. 1823—1835 **Hans Locher-Balber**, Dr. med., Professor der Medizin. 1835—1843 **Ferdinand Keller**, Dr. phil., Naturforscher und Archäolog. 1843—1847 **Albert Kœlliker**, Dr. med., Professor der Anatomie. 1847—1857 **Rudolf Heinrich Hofmeister**, Dr. phil., Professor der Physik. 1857—1860 **Hermann Pestalozzi-Bodmer**, Dr. med., Arzt. 1860—1870 **Carl Cramer**, Dr. phil., Professor der Botanik. 1870—1880 **August Weilenmann**, Dr. phil., Professor der Physik. 1880—1886 **Robert Billwiler**, Dr. phil., Direktor der meteorologischen Zentralanstalt. 1886—1892 **Adolf Tobler**, Dr. phil., Professor der Physik. 1892—1894 **Carl Fiedler**, Dr. phil., Privatdozent der Zoologie. 1894—1899 **Alfred Werner**, Dr. phil., Professor der Chemie. 1899—1906 **Karl Hescheler**, Dr. phil., Prof. der Zoologie. Von 1906 an **Emil Schoch-Etzensperger**, Dr. phil.

III.

Quästoren.

1746—1759 **Hans Conrad Meyer**, Staatsmann und Meteorolog. 1759—1790 **Hans Caspar Hirzel**, Dr. med., Stadtarzt. 1790—1803 **Johann Heinrich Rahn**, Dr. med., Chorherr. 1803—1811 **Diethelm Lavater**, Dr. med., Apotheker, Staatsmann und Naturforscher. 1811—1812 **Paul Usteri**, Dr. med., Arzt und Naturforscher. 1812—1831 **Johann Caspar Horner**, Dr. phil., Professor und Forschungsreisender. 1831—1834 **Heinrich Rudolf Schinz**, Dr. med., Arzt und Professor. 1835—1841 **Leonhard Schulthess**, Kaufmann und Botaniker. 1842—1851 **Johann Jakob Usteri-Usteri**, Kaufmann. 1851—1854 **Adolf Salomon Pestalozzi**, Bankier. 1854—1858 **Conrad Meyer-Ahrens**, Dr. med., Arzt. 1858—1874 **Johann Caspar Escher-Hess**, Kaufmann. 1874—1876 **Hans Rudolf Schinz-Vögeli**, Kaufmann und Naturforscher. 1876—1887 **Johann Caspar Escher-Hess**, Kaufmann. Von 1887 an **Hans Kronauer**, Dr. phil., Mathematiker.

Verwalter des Lotterie- oder Hauptfonds.

1751—1787 **Caspar Scheuchzer**. 1788—1814 **Hans Conrad Lochmann** 1815—1826 **Hans Jakob Pestalozzi**. 1827—1832 **Johann Jakob Hess**. 1832—1842 **Salomon Klauser**. 1843—1854 **Otto Rudolf Werdmüller**.

IV.
Bibliothekare.

1754—1757 **Johann Jakob Köchlin**, Pfarrer. 1757—1764 **Hans Heinrich Schinz**, Kaufmann und Staatsmann. 1764—1774 **Leonhard Usteri**, Chorherr und Professor. 1774—1778 **Hans Conrad Heidegger**, Staatsmann. 1778-1780 **Johann Heinrich Waser**, Pfarrer. 1780-1792 **Heinrich Lavater**, Staatsmann. 1792—1837 **Christoph Salomon Schinz**, Dr. med., Arzt, Chorherr und Professor. 1837—1881 **Johann Jakob Horner**, Bibliothekar und Professor. 1881—1892 **Johann Friedrich Graberg**, Zeichenlehrer. 1881—1892 **Carl Ott**, Physiker. Seit 1892 **Hans Schinz**, Dr. phil., Professor der Botanik.

V.
Redaktoren der Vierteljahrsschrift.

1856—1893 **Rudolf Wolf**, Dr. phil., Professor der Astronomie.
Seit 1894 **Ferdinand Rudio**, Dr. phil., Professor der Mathematik.

VI.
Ehrenmitglieder.

			seit
Hr.	**Choffat, Paul**, Dr., Landesgeolog	Lissabon	1896
»	**Dedekind, Richard**, Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Braunschweig	1896
»	**Eberth, Karl Josef**, Dr. med., Prof. an der Universität	Halle	1896
»	**Forel, François Alphonse**, Dr. Prof.	Morges	1896
»	**Frobenius, Georg**, Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1896
»	**Gräffe, Eduard Heinrich**, Insp. der zoolog. Station	Triest	1896
»	**Hantzsch, Arthur**, Dr., Prof. an der Universität	Leipzig	1896
»	**Hermann, Ludimar**, Dr. med., Prof. an der Universität	Königsberg	1896
»	**Reye, Theodor**, Dr., Prof. an der Universität	Strassburg	1896
»	**Schär, Eduard**, Dr., Prof. an der Universität	Strassburg	1896
»	**Schwarz, Hermann Amandus**, Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1896
»	**Schwendener, Simon**, Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1899
»	**Weber, Heinrich**, Dr., Prof. an der Universität	Strassburg	1896

VII.
Korrespondierende Mitglieder.

Hr.	**Cornaz, Edouard**, Dr. med. [1]	Neuchâtel	1856
»	**Margerie, Emmanuel de**, Dr.	Paris	1883

VIII.
Ordentliche Mitglieder [2]).

A. In Zürich wohnend.

				seit [3])
Hr.	**Abegg, Karl**, Kaufmann	Zollikerstrasse 32	V	1910
»	**Abeljanz, Haruthian**, Dr., Prof. an der Universität	Huttenstrasse 66	IV	1880
»	**Adler, Friedrich**, Dr., Privatdoz. an der Universität	Moussonstrasse 12	V	1906
»	**Adler, Guido**, Ingenieur	Winkelriedstrasse 25	IV	1911
»	**Aeppli, August**, Dr., Prof. an der Kantonsschule	Kronenstrasse 24	IV	1889

[1]) Im Januar 1911 verstorben.

[2]) Die Mitglieder sind gebeten, allfällige Adressenänderungen oder sonstige Korrekturen umgehend dem Quästor, Herrn Dr. Hans Kronauer, Pestalozzistrasse 38, Zürich V, mitzuteilen.

[3]) Die vor 1871 eingetretenen ältesten Mitglieder (7) sind durch fettgedruckte Jahreszahlen ausgezeichnet.

	Name	Wohnung	Kreis	seit
Hr.	**Affolter, Ferdinand Gabriel,** Dr., Prof. am Polytechn.	Sonneggstrasse 45	IV	**1870**
»	**Amberg, Otto,** Dr. phil.	Limmatquai 50	I	1903
»	**Amez-Droz, Henri,** Ingenieur bei der S. B. B.	Rigistrasse 47	IV	1910
	Annaheim, Joseph, Dr., Chemiker	Limmatplatz 5	III	1888
»	**Arbenz, Paul,** Dr., Privatdoz. a. Polyt. u. a. d. Universit.	Engl. Viertel 43	V	1905
»	**Bæbler, Emil,** Dr. phil.	Bergstrasse 40	V	1911
»	**Bänziger, Theodor,** Dr. med.	Billrotstrasse 15	V	1889
»	**Bær, Julius,** Bankier	Mythenstrasse 2	II	1910
	Bäschlin, Fritz, Ingenieur, Prof. am Polytechnikum	Scheuchzerstrasse 72	IV	1910
»	**Bareiss, Arthur,** Kaufmann	Alpenquai 22	II	1910
»	**Baudisch, Oscar,** Dr. phil., Assist. am chem. Univ.-Lab.	Hadlaubstrasse 36	IV	1910
»	**Baumann-Näf, Moritz,** Dr. phil., Chemiker	Bleicherweg 31	II	1910
»	**Baumann, Walter,** Kaufmann	Mythenquai 70	II	1910
»	**Baur-Widmer, Hans,** Architekt	Mühlebachstrasse 173	V	1910
»	**Beck, Alexander,** Dr., Prof.	Schanzenberg 7	I	**1870**
	Beck, Bernhard, Rektor am freien Gymnasium	St. Annagasse 9	I	1904
»	**Beck, Emil,** Dr., Assistent am Polytechnikum	Schanzenberg 7	I	1907
	Beer, Robert, Buchhändler	Peterhofstatt 10	I	1905
»	**Bender, Paul,** Lithographie-Besitzer	Bergheimstrasse 15	V	1911
	Bernheim-Karrer, Jakob, Dr. med.	Gartenstrasse 36	II	1903
»	**Bertsch, Roland,** Dr., Direktor d. Instituts Konkordia	Hofackerstrasse 11	V	1895
»	**Beyel, Christian,** Dr., Privatdozent am Polytechnikum	Merkurstrasse 30	V	1882
»	**Bircher, F. Ernst,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Sophienstrasse 2	V	1902
»	**Bircher, Max,** Dr. med.	Keltenstrasse 42	V	1902
»	**Bissegger, Eduard,** Direktions-Sekretär d. Rentenanst.	Wiesenstrasse 14	V	1893
	Bitterli, Emil, Ingenieur	Rötelstrasse 47	IV	1910
	Bleuler, Eugen, Dr. med., Prof. an der Universität	Burghölzli	V	1900
»	**Bley, Franz,** stud. rer. nat.	Iringerstrasse 3	IV	1910
	Bluntschli, Hans, Dr. med., Privatdozent an der Univ.	Vogelsangstrasse 5	IV	1904
»	**Böhi, Adolf,** Dr., Lehrer am Reform-Gymnasium	Bolleystrasse 34	IV	1910
	Bolleter, Eduard, Dr., Sekundarlehrer	Rotbuchstrasse 24	IV	1900
»	**Bommer, Albert,** Apotheker	Zähringerstrasse 9	I	1889
»	**Brandenberger, Konrad,** Dr., Prof. a. d. Kantonsschule	Nägelistrasse 3	V	1902
»	**Bredig, Georg,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Vogelsangstrasse 3	IV	1910
»	**Brennwald, Paul,** Kaufmann	Kurhausstrasse 9	V	1911
»	**Bretscher, Konrad,** Dr., Privatdoz. a. d. Universität	Weinbergstrasse 146	IV	1890
	Brockmann-Jerosch, Henryk, Dr., Privatdoz. a. d. Univ.	Kapfgasse 44	V	1907
»	**Brunner, Friedrich,** Dr. med., Asyl Neumünster	Forchstrasse 85	V	1896
»	**Brunner, Otto,** Apotheker	Limmatquai 56	I	1907
»	**Büeler, Hermann,** Chemiker, Hütten-Ingenieur	Schanzengraben 15	I	1903
»	**Bühler, Anton,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität	Plattenstrasse 32	V	1904
»	**Bürgi, Oscar,** Dr., Prof. an der Universität	Seestrasse 43	II	1906
»	**Carpentier, Fritz,** Fabrikant	Dufourstrasse 5	V	1910
»	**Céresole, Maurice,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Hadlaubstrasse 58	V	1910
»	**Cherbuliez, Emil,** Dr., Privatdoz. am Polytechnikum	Schönleinstrasse 11	V	1909
»	**Cloëtta, Max,** Dr. med., Prof. an der Universität	Plattenstrasse 58	V	1902
	Constam, Emmanuel Josef, Dr., Prof. am Polytechn.	Schönberggasse 1	I	1881
Frl.	**Daiber, Marie,** Dr., Assistentin am zoologischen Institut beider Hochschulen	Gloriastrasse 72	V	1906
Hr.	**Denzler, Albert,** Dr., Privatdozent am Polytechnikum	Schmelzbergstr. 14	V	1881

				seit
Hr.	**Diebold, Fritz,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 7	I	1907
»	**Du Pasquier, Gustav,** Dr. phil., Privatdoz. am Polyt. u. a. d. Univ.	Landoltstrasse 17	IV	1907
»	**Egli, Karl,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Haldenbachstrasse 33	IV	1905
»	**Egli-Sinclair, Theodor,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 82	I	1881
»	**Ehrhardt, Jakob,** Dr., Prof. an der Universität	Flössergasse 1	I	1903
»	**Erismann, Huldreich Friedrich,** Dr., Prof., Stadtrat	Plattenstrasse 37	V	1898
»	**Ernst, Alfred,** Dr., Prof. an der Universität	Frohburgstrasse 70	IV	1901
»	**Ernst, Heinrich,** Regierungsrat	Sonneggstrasse 61	IV	1905
»	**Ernst, Julius Walter**	Freiestrasse 21	V	1900
»	**Escher-Hess, Johann Kaspar,** Kaufmann	Bahnhofstrasse 32	I	**1856**
»	**Escher-Kündig, Johann Christof,** Dr. phil.	Gotthardstrasse 35	II	1883
»	**Escher-Lang, Johann Heinrich**	Hofackerstrasse 44	V	1911
»	**Escher, Hermann,** Dr., Stadtbibliothek	St. Urbangasse 6	I	1911
»	**Escher, Rudolf,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Hirschengraben 60	I	1874
»	**Escher, Wilhelm Caspar,** Direkt. d. Schw. Kreditanst.	Scheideggstrasse 22	II	1911
»	**Fassbender, Fritz,** Dr.	Hottingerstrasse 23	V	1910
»	**Felix, Walter,** Dr., Prof. an der Universität	Köllikerstrasse 7	V	1891
»	**Fenner, Karl,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Freiestrasse 211	V	1905
»	**Ferraris, Erminio,** dipl. Bergingenieur	Freiestrasse 42	V	1911
»	**Fick, Adolf,** Dr. med., Privatdoz. an der Universität	Schmelzbergstr. 34	V	1887
»	**Field, Herbert Haviland,** Dr., Dir. d. Concil. Bibliogr.	Köllikerstrasse 9	V	1899
»	**Fingerhuth, Max,** Dr. med.	Feldeggstrasse 80	V	1905
»	**Fliegner, Albert,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Bellerivestrasse 16	V	**1870**
»	**Flückiger, Otto,** Lehrer für Geographie an der höhern Töchterschule	Hadlaubstrasse 70	IV	1910
»	**Flury, Philipp,** Adjunkt der forstl. Versuchsstation	Turnerstrasse 31	IV	1888
»	**Franel, Jérome,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Wytikonerstrasse 43	V	1892
»	**Frank, Ludwig,** Dr. med.	Freigutstrasse 6	II	1910
»	**Frey-Honegger, Wilhelm,** Graphiker	Hafnerstrasse 39	III	1911
»	**Frick, Theodor,** Dr. med., Zahnarzt	Bergstrasse 86	V	1900
»	**Fritschi, Friedrich,** Erziehungsrat	Steinwiesstrasse 18	V	1892
»	**Früh, Jakob,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Freiestrasse 6	V	1895
»	**Ganz, Emil,** Photograph	Wartstrasse 14	V	1905
»	**Gassmann, Theodor,** Dr., Zahnarzt	Rämistrasse 39	I	1905
»	**Gaule, Georg Justus,** Dr., Prof. an der Universität	Zürichbergstrasse 124	V	1887
»	**Gnehm, Robert,** Dr., Prof., Präs. d. schw. Schulrates	Eidmattstrasse 26	V	1873
»	**Grete, E. August,** Dr. phil., Vorst. d. agrikulturchem. Versuchsstat.	Haldenbachstrasse 31	IV	1894
»	**Grossmann, Marcel,** Dr., Prof. am Polytechnikum.	Herrenbergstrasse 1	IV	1908
»	**Grubenmann, Ulrich,** Dr., Prof. a. Polyt. u. a. d. Univ.	Sonnenbergstrasse 19	V	1893
»	**Grün, Karl,** Assistent am pfl.-phys. Lab. d. Universit.	Zeughausstrasse 1	III	1910
»	**Gubler, Eduard,** Dr. phil., Privatdoz. a. d. Universit.	Universitätsstrasse 65	IV	1911
»	**Günthart, Emil August,** Dr. phil., Lehrer f. Naturw. a. d. höh. Töchterschule und Privatdozent am Polytechnikum	Germaniastrasse 15	IV	1910
»	**Gysi, Alfred,** Dr., Prof. an der Zahnarzt-Schule der Universität	Obere Zäune 10	I	1893
»	**Haab, Otto,** Dr., Prof. an der Universität	Pelikanstrasse 41	I	1880
»	**Hæmig-Burgmeier, Emil,** Angestellter der S. B. B.	Nordstrasse 64	IV	1911
Frl.	**Hallmann, Amalie,** Dr. phil.	Gloriastrasse 70	V	1910
Hr.	**Hartwich, Karl,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Freiestrasse 76	V	1892

	Name	Adresse	Kreis	seit
Hr.	**Hefti, Paul,** Kantonsforstadjunkt	Fehrenstrasse 23	V	1910
»	**Heim, Albert,** Dr., Prof. am Polyt. u. a. d. Universit.	Hottingerstrasse 25	V	**1870**
»	**Heim, Arnold,** Dr., Privatdoz. am Polyt. u. a. d. Univ.	Hottingerstrasse 25	V	1906
»	**Henny, Victor,** cand. scient. techn.	Universitätsstrasse 53	IV	1911
»	**Henschen, Karl,** Dr. med., Privatdozent a. d. Univ.	Kantonsspital	I	1910
»	**Herzfeld, Eugen,** Dr., Ass. am chem. Lab. d. Kantonssp.	Universitätsstrasse 11	V	1911
»	**Herzog, Theodor,** Dr., Privatdozent am Polyt.	Plattenstrasse 50	V	1909
»	**Hescheler, Karl,** Dr., Prof. an der Universität	Mainaustrasse 15	V	1894
»	**Hess, Gottfried,** Architekt	Limmatstrasse 117	III	1911
»	**Heuscher, Johannes,** Dr., Prof. an der Universität	Hegibachstrasse 16	V	1889
Frl.	**Hezner, Laura,** Dr. phil., Assistentin und Privatdozentin am Polyt.	Zürichbergstrasse 100	V	1909
Hr.	**Hilfiker, Jakob,** Dr. phil., Ing. f. schw. Landestopogr.	Talacker 11	I	1907
»	**Hilgard, Karl Emil,** Prof.	Steinwiesstrasse 18	V	1910
»	**Hiller, Eduard,** Apotheker, Sonnenapotheke	Torgasse 20	I	1911
»	**Hirsch, Arthur,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Reinacherstrasse 8	V	1903
»	**Hirzel, Heinrich,** Dr. med.	Neumarkt 11	I	1908
»	**Höhn, Walter,** Sekundarlehrer	Kurvenstrasse 29	IV	1910
»	**Holst-Pellekaan, Wilhelm van,** stud. geol.	Bolleystrasse 32	IV	1910
»	**Holzach-Rosselet, Daniel,** Chemiker	Heliosstrasse 18	V	1910
»	**Howald, Ernst,** Dr. phil., Gymnasiallehrer	Häldeliweg 17	V	1911
»	**Huber-Stockar, Emil,** Ingenieur	Neumünsterallee 12	V	1888
»	**Huber-Werdmüller, Peter Emil,** Oberst	Mühlebachstrasse 85	V	**1863**
»	**Huber, Hans,** cand. med.	Bäckerstrasse 31	III	1910
»	**Huber, Robert,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Neptunstrasse 12	V	1910
»	**Hüni-Caumont, Emil,** Kaufmann	Brandschenkestr. 28	II	1911
»	**Hug, Jakob,** Dr. phil., Sekundarlehrer	Rietlistrasse 6 a	IV	1910
»	**Huguenin, Gustav,** Dr., Prof.	Bergstrasse 50	V	1878
»	**Hurwitz, Adolf,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Bächtoldstrasse 11	V	1892
»	**Jabs, Asmus,** techn. Direktor	Alpenstrasse 3	II	1905
»	**Jaccard, Paul,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Konkordiastrasse 12	V	1903
»	**Jænike-Schneider, Emil,** Priv.-Lehrer	Freiestrasse 34	V	1908
»	**Jantsch, Gustav,** Dr., Privatdozent an der Universität	Plattenstrasse 34	V	1910
»	**Janzen, Nikolaus,** stud. rer. nat.	Kinkelstrasse 70	IV	1910
»	**Keller-Escher, Karl,** Dr., a. Kantonsapotheker	Seestrasse 123	II	1882
»	**Keller, Konrad,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Forchstrasse 151	V	1875
»	**Kiefer, Adolf,** Dr., Prof. am Institut Konkordia	Minervastrasse 149	V	1894
»	**Kleiner, Alfred,** Dr., Prof. a. d. Univ. u. Erziehungsrat	Sumatrastrasse 21	IV	1873
»	**Klett, Max,** Dr. phil., Chemiker	Heliosstrasse 6	V	1911
»	**Klinger, Rudolf,** Dr. med., Assistent am Hyg.-Institut	Feldeggstrasse 41	V	1911
»	**Klotz, Julius,** Dr.	Schmelzbergstr. 22	IV	1910
»	**Kollbrunner, Otto,** Dr. med.	Oetenbachgasse 29	I	1910
»	**Kronauer, Hans,** Dr., Mathematiker der Rentenanstalt	Pestalozzistrasse 38	V	1883
»	**Küpfer, Max,** stud. rer. nat.	Klausstrasse 20	V	1911
»	**Kummer, Walter,** Dr., Ing.-Konsul., Privatdoz. a. Polyt.	Mythenstrasse 15	II	1910
»	**Kym, Otto,** Dr., Chemiker, chem. Univers.-Labor.	Schulhausstrasse 23	II	1910
»	**Lämmel, Rudolf,** Dr. phil., Direkt. des Reform-Gymn.	Schmelzbergstr. 27	IV	1906
»	**Lang, Arnold,** Dr., Prof. am Polyt. und an der Univ.	Rigistrasse 50	IV	1889
»	**Lebedinsky, Nahum,** cand. phil.	Plattenstrasse 50	V	1909
»	**Lehmann, Walter,** Dr. phil., Lehrer am freien Gymn.	Brandschenkestr. 2	II	1910

	Name	Adresse	Kreis	seit
Hr.	**Lüdin, Emil,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Büchnerstrasse 10	IV	1896
»	**Lüthi, Adolf,** Lehrer am Institut Konkordia	Asylstrasse 92	V	1904
	Lunge, Georg, Dr., Prof.	Carmenstrasse 37	V	1876
»	**Machwürth, Joseph,** Dr., Prof. a. d. Zahnarztschule d. Universität	Gladbachstrasse 83	V	1904
»	**Maier, Hans Wolfgang,** Dr. med., Arzt im Burghölzli	Lenggstrasse 31	V	1909
	Martin, Rudolf, Dr., Prof. an der Universität			1890
»	**Maurer, Julius,** Dr., Direkt. d. Meteor. Zentr.-Anst.	Feldeggstrasse 37	V	1881
»	**Meierhofer, Hans,** Dr., Sekundarlehrer	Hottingerstrasse 32	V	1908
»	**Meissner, Ernst,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Schmelzbergstr. 57	IV	1910
»	**Meister, Otto,** Dr., Chemiker	Universitätsstrasse 89	IV	1893
»	**Meister, Ulrich,** Dr. phil., Nationalrat	Göthestrasse 10	I	1903
»	**Mende-Ernst, Theodor,** Dr. med.	Bleicherweg 15	II	1883
»	**Mertens, Walter,** Gartenarchitekt	Asylstrasse 114	V	1910
»	**Messikommer, Heinrich,** Antiquar	Hechtplatz 1	I	1910
»	**Meyer, Edgar,** Dr. phil.	Seestrasse 84	II	1907
»	**Meyer-Fierz, Fritz,** Kaufmann	Zollikerstrasse 105	V	1910
»	**Meyer-Ruegg, Hans,** Dr. med.	Zürichbergstrasse 4	V	1910
»	**Meyer-Hürlimann, Karl,** Dr. med.	Hottingerstrasse 20	V	1901
»	**Mollison, Theodor,** Dr. med., Assist. am Anthrop. Inst.	Stockerstrasse 47	II	1905
»	**Monakow, Konstantin von,** Dr., Prof. an der Universit.	Dufourstrasse 116	V	1887
»	**Müller, Albert,** Buchhändler	Nägelistrasse 9	V	1905
»	**Müller, Alexander,** cand. phil.	Kurhausstrasse	V	1911
Frl.	**Müller, Charlotte,** Dr. med.	Göthestrasse 10	I	1911
Hr.	**Müller, Fritz,** cand. jur.	Spyristrasse 4	IV	1911
»	**Muralt, Wilhelm von,** Dr. med.	Rämistrasse 18	V	1883
»	**Nägeli, Otto,** Dr. med., Privatdozent an der Universit.	Fraumünsterstrasse 8	I	1902
	Oswald, Adolf, Dr. med., Privatdoz. an der Universit.	Gartenstrasse 24	II	1903
»	**Ott, Hans,** Leiter der Beustschule	Asylstrasse 57	V	1910
»	**Panchaud de Bottens, Adalbert,** Dr. phil.	Seefeldstrasse 33	V	1911
	Pestalozzi-Bürkli, Anton, Dr. phil.	Löwenstrasse 21	I	1903
»	**Pfeiffer, Paul,** Dr., Prof. an der Universität	Sonneggstrasse 82	IV	1901
	Prášil, Franz, Dr., Prof. am Polytechnikum	Bergstrasse 44	V	1894
»	**Quervain, Alfred August de,** Dr. phil., Privatdozent am Polyt. und an der Univ., Adjunkt der meteorologischen Zentral-Anstalt	Kreuzbühlstrasse 46	V	1907
	Rahn, Konrad, Dr. med.[1]	Winkelwies 5	I	**1854**
»	**Rascher, Max,** Buchhändler	Rathausquai 20	I	1905
	Raths, Jakob, Sekundarlehrer	Streulistrasse 31	V	1897
	Reichinstein, David, Dr. phil., Dipl.-Ing.	Bolleystrasse 43	IV	1911
»	**Reitz, Wilhelm,** Oberingenieur	Schipfe 29	I	1904
»	**Rikli, Martin,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Brandschenkesteig 12	II	1894
»	**Ritter, Ulrich,** Lehrer f. Geogr. a. d. höh. Töchtersch.	Bergheimstrasse 6	V	1911
»	**Ritzmann, Emil,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 58	I	1889
»	**Rodari, Palmir,** Dr. med., Privatdoz. an der Universit.	Alpenstrasse 3	II	1911
»	**Rollier, Louis,** Dr., Privatdoz. a. Polyt. u. Universität	Culmannstrasse 36	IV	1905
»	**Roth, Otto,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Engl. Viertel 54	V	1891

[1] Unser ältestes Mitglied.

				seit
Hr.	**Roth, Wilhelm,** Dr. med.	Plattenstrasse 34	V	1910
»	**Rothpletz, Gottlieb Friedrich,** Stadtgärtner	Belvoirpark	II	1903
»	**Rudio, Ferdinand,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Dolderstrasse 111	V	1881
»	**Rübel, Eduard,** Dr. phil.	Höschgasse 29	V	1903
»	**Rüeger, Armin,** Assistent am Herbarium Rübel	Eidmattstrasse 59	V	1911
»	**Rüst, Ernst,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Wiesenstrasse 7	V	1910
»	**Ruge, Georg,** Dr., Prof. an der Universität	Rigistrasse 35	IV	1898
»	**Rusterholz, Arnold,** Dr., Prof. an der Universität	Tödistrasse 52	II	1910
»	**Sauerbruch, Ferdinand,** Dr. med., Prof. a. d. Univ.	Freiestrasse 104	V	1911
»	**Schäppi, Theodor,** Dr. med. et phil.	Josephstrasse 67	III	1904
»	**Schärtlin, Georg Gottfried,** Dr., Direkt. d. Rentenanst.	Alpenquai 40	II	1894
»	**Schaufelberger, Alfred,** Sekundarlehrer	Weststrasse 46	III	1910
»	**Schaufelberger, Wilhelm,** Dr.	Neue Beckenhofstr. 14	IV	1902
»	**Scheitlin, Walter,** Dr. med. vet.	Lessingstrasse 35	II	1911
»	**Schellenberg, Hans,** Dr. phil., Prof. am Polytechnikum	Hofstrasse 63	V	1895
»	**Schellenberg, Kaspar,** Dr. phil., Tierarzt	Hofstrasse 63	V	1896
»	**Scherrer, Otto,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Promenadengasse 12	I	1901
»	**Schindler, Konrad,** Dr. med.	Theaterstrasse 3	I	1907
»	**Schindler-Stockar, Dietrich,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Rämistrasse 2	I	1911
»	**Schinz, Hans,** Dr., Prof. an der Universität	Seehofstrasse	V	1889
»	**Schläpfer-Rippstein, Friedrich,** Apotheker	Alte Beckenhofstr. 62	IV	1906
»	**Schmid, Eduard,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Mutschellenstr. 197	II	1905
»	**Schmidt, Oscar,** Dr., Direkt. d. Akkumul.-Fabr. Oerlikon	Scheideggstrasse 35	II	1900
»	**Schoch-Etzensperger, Emil,** Dr. phil.	Zollikerstrasse 136	V	1898
»	**Schöller, Cäsar,** Dr. phil., Fabrikant	Zeltweg 34	V	1878
»	**Schöller, Walter,** stud. chem.	Zeltweg 34	V	1910
»	**Schröter, Carl,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Merkurstrasse 70	V	1878
»	**Schulthess-Schindler, Anton von,** Dr. med.	Kreuzbühlstrasse 16	V	1889
»	**Schulthess-Hünerwadel, Hans,** Verlags-Buchhändler	Cäcilienstrasse 5	V	1910
»	**Schulthess, Wilhelm,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Univ.	Neumünsterallee 3	V	1893
»	**Schulze, Ernst,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Ilgenstrasse 10	V	1872
»	**Schumacher, Emil,** Dr. med., I. Assistenzarzt an der chirurg. Klinik u. Privatdozent an der Universit.	Plattenstrasse 7	V	1911
»	**Schwarz, Emil,** Dr. med., Adjunkt des Bezirksarztes	Seidengasse 9	I	1910
»	**Schwarzenbach, Ernst,** Dr. med.	Stockerstrasse 32	II	1907
»	**Schweitzer, Alfred,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Gladbachstrasse 33	V	1902
»	**Schweizer, Robert,** Dr. med.	Stadelhoferstrasse 15	V	1910
»	**Seelig, Karl,** Fabrikant	Mythenquai 4	II	1910
»	**Seiler, Ulrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Pestalozzistrasse 29	V	1901
»	**Seitz, Johann,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universit.	Plattenstrasse 86	V	1874
»	**Sigg-Sulzer, Johann Gottfried,** Kaufmann	Freiestrasse 121	V	1900
»	**Silberschmidt, William,** Dr. med., Prof. an der Univ.	Gemeindestrasse 25	V	1903
»	**Sperber, Joachim,** Dr. phil., Fachlehrer	Siriusstrasse 6	V	1898
»	**Spitteler, Adolf,** ehem. Beamter d. ind. Agricult.-Depart.	Mittelstrasse 20	V	1910
»	**Stadler, Salomon,** Dr., Prof., Rekt. d. höh. Töchtersch.	Asylstrasse 114	V	1883
»	**Stähelin-Bächtold, Josef,** Kaufmann	Asylstrasse 77	V	1910
»	**Staub, Walter,** Dr. sc. nat.	Gemeindestrasse 4	V	1911
»	**Stäubli, Karl,** Dr. med.	Seestrasse 22	II	1903
»	**Standfuss, Max,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Kreuzplatz 2	V	1889

				seit
Hr.	**Stebler, Friedrich Gottlieb,** Dr., Direkt. d. agrikulturbot. Anstalt	Utoquai 43	V	1879
»	**Stebler, Karl,** Lehrer	Gladbachstrasse 76	V	1895
»	**Steiger, Adolf,** Dr. med.	Auf der Mauer 13	I	1905
»	**Steiner, Albert Karl,** Dr. med.	Apollostrasse 2	V	1910
»	**Steiner, Alfred,** Dr., Gymnasiallehrer	Bolleystrasse 5	IV	1910
»	**Stierlin, Hans,** Dr. phil., Prof. an der Kantonsschule	Eidmattstrasse 40	V	1910
»	**Stix, Oswald,** Dr., Ingenieur	Scheuchzerstrasse 28	IV	1908
»	**Stodola, Aurel,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Freiestrasse 62	V	1894
»	**Stoll, Otto,** Dr., Prof. an der Universität	Klosbachstrasse 75	V	1875
»	**Stoppani, Giovanni Ambrosio,** Dr. med., Prof. an der Zahnarztschule der Universität	Bahnhofstrasse 27	I	1903
»	**Suter, Johann Jakob,** Dr. med.	Stockerstrasse 40	II	1910
»	**Täuber, Karl Paul,** Ingenieur	Rotbuchstrasse 32	IV	1910
»	**Tobler, Adolf,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Winkelwiese 4	I	1873
»	**Tolwinsky, Constantin,** Dr. phil., Geol.	Spyristrasse 60	IV	1911
»	**Treadwell, Paul Ferdinand,** Dr., Prof. am Polytechn.	Bächtoldstrasse 15	IV	1894
»	**Tschulok, Sinai,** Dr., Fachlehrer für Naturwissensch.	Gladbachstrasse 67	V	1909
»	**Ulrich, Alfred,** Dr. med., Leiter der Epilept. Anstalt	Südstrasse 150	V	1903
»	**Veraguth, Otto,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität	Theaterstrasse 12	I	1903
»	**Vischer, Hans Rudolf,** stud. rer. nat.	Pension Sternwarte	V	1910
»	**Vodoz, Jules,** Prof. am Gymnasium	Belsitostrasse 12	V	1910
»	**Vœge, Adolf,** am Concilium Bibliographicum	Hofstrasse 49	V	1908
»	**Volkart, Albert,** Dr., I. Assist. d. agrikulturbot. Anst.	Frohburgstrasse 67	IV	1900
Frl.	**Wagapoff, Sara,** cand. geol.	Plattenstrasse 29	V	1910
Hr.	**Wagener, Alexander,** Kaufmann	Bergstrasse 3	V	1910
»	**Walder, Franz,** Dr. phil., Chemiker	Selnaustrasse 20	I	1900
»	**Weber, Heinrich Friedrich,** Dr., Prof. am Polytechn.	Haldenbachstrasse 31	IV	1875
»	**Weber, Friedrich,** Dr., Geolog	Haldenbachstrasse 31	IV	1904
»	**Wegmann, Gustav,** Ingenieur	Hohenbühlstrasse 5	V	1898
»	**Wehrli, Hans,** Dr., Privatdozent an der Universität	Kurhausstrasse 11	V	1903
»	**Wehrli, Leo,** Dr., Lehrer a. d. höh. Töchterschule	Hochstrasse 60	V	1895
»	**Weiss, Pierre,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Rigistrasse 14	IV	1902
»	**Weissenbach-Griffin, Werner,** Ingenieur	Lavaterstrasse 57	II	1910
»	**Wenk, Ernst,** Dr., Direktor des Institutes Erika	Rötelstrasse 55	IV	1888
»	**Werner, Alfred,** Dr., Prof. an der Universität	Freiestrasse 111	V	1892
»	**Wettstein, Ernst,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Zürichbergstrasse 58	V	1904
»	**Wettstein, Walter,** Sekundarlehrer	Freyastrasse 7	III	1893
»	**Wiesmann, Theodor,** Sekundarlehrer	Hegibachstrasse 28	V	1907
»	**Wild, Oscar,** Dr. med.	Steinwiesstrasse 31	V	1911
»	**Wild, Paul F.,** in Firma Orell Füssli & Comp.	Bärengasse	I	1894
»	**Wild-Schläpfer, Felix,** Direkt. b. Orell Füssli & Comp.	Seewartstrasse 28	II	1903
»	**Willstätter, Richard,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Bergstrasse 25	V	1905
»	**Winterstein, Ernst,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Physikstrasse 4	V	1893
»	**Wolfer, Alfred,** Dr., Prof. am Polyt. u. a. d. Univ.	Sternwarte	V	1880
»	**Wreschner, Arthur,** Dr., Prof. a. d. Univ. u. Privatdozent am Polyt.	Universitätsstrasse 80	IV	1906
»	**Wünsche, Fritz,** cand. phil.	Voltastrasse 32	V	1911
»	**Wyder, Theodor,** Dr., Prof. an der Universität	Eleonorenstrasse 2	V	1910
»	**Wyss, Eduard von,** prakt. Arzt	Trittligasse 8	I	1910

	Name	Adresse	Kreis	seit
Hr.	**Wyss, Max Oscar,** Dr. med.	Seefeldstrasse 23	V	1910
	Wyss, Oscar, Dr., Prof.	Kilchbergstrasse 85	II	1883
»	**v. Wyss-Schindler, Wilhelm,** Dr. phil., Prof. am Gymn.	Hirschengraben 4	I	1911
»	**Zangger, Heinrich,** Dr., Prof. an der Universität	Plattenstrasse 32	V	1904
»	**Zeller, Heinrich,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Hofstrasse 136	V	1903
»	**Zermelo, Ernst,** Dr., Prof. an der Universität	Schönberggasse 9	I	1911
»	**Zietzschmann, Otto,** Dr., Prof. an der Universität	Nordstrasse 64	IV	1907
»	**Zölly-Veillon, Heinrich,** Ingenieur	Brunaustrasse 42	II	1910
»	**Zollinger-Jenny, Ernst,** Fabrikant	Bellariastrasse 57	II	1884
»	**Zschokke, Bruno,** Privatdozent am Polytechnikum	Leonhardstrasse 15	IV	1906
»	**Zschokke, Erwin,** Dr., Prof. an der Universität	Selnaustrasse 36	I	1889
»	**Zürcher, Ernst,** Buchdrucker	Brunngasse 2	I	1906
»	**Zürcher, Johann Friedrich**	Bolleystrasse 42	IV	1910
»	**Zürcher, Leo,** Dr. phil., Bibliograph	Rütistrasse 52	V	1911
»	**Zulauf, Gottlieb,** Physikal. Atelier	Sihlquai 266	III	1900

B. In der Schweiz, aber ausserhalb Zürichs wohnend.

	Name	Wohnort	seit
Hr.	**Bachmann, Hans,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Luzern	1897
»	**Bächler, Emil,** Konservator am Naturhist. Museum	St. Gallen	1901
»	**Baragiola, Wilhelm Italo,** Abteilungsvorstand der Schweiz. Versuchsanstalt, Privatdozent am Polytechnikum	Wädenswil	1911
»	**Baumann, Eugen,** Dr. phil., Botaniker	Kilchberg b. Zch.	1910
»	**Beglinger, Johann,** Fabrikant	Wetzikon	1902
»	**Behn-Eschenburg, Hans,** Dr. phil., Direktor	Oerlikon	1910
»	**Biber, Hugo,** Dr. med.	Horgen	1910
»	**Biber, Walter,** Sekundarlehrer	Thalwil	1910
»	**Blattmann-Ziegler, Heinrich,** Fabrikant	Wädenswil	1911
»	**Bloch, Isaak Adolf,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	1895
»	**Bosshard, Heinrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Höngg b. Zch.	1892
»	**Bührer, Jean Christian,** Apotheker	Clarens	1893
»	**Burri, Robert,** Dr., Prof., Abteil.-Vorst. d. eidg. Versuchsstat.	Liebefeld-Bern	1896
»	**Burri, Franz Xaver,** Forstinspektor der Gotthardbahn	Luzern	1900
»	**Claraz, Georg**	Lugano	1894
»	**Denzler, Wilhelm,** Ingenieur	Küsnacht b. Zch.	1892
»	**Dürst, Ulrich,** Dr., Prof. an der Universität	Bern	1899
»	**Dürsteler, Wilhelm,** Dr., Chemiker	Thalwil	1910
»	**Egli, Max,** Dr., Lehrer für Mathematik	Herrliberg	1910
»	**Erb, Josef,** Dr.	Suhr, Aargau	1899
»	**Felix, Florian,** Dr., Arzt	Wädenswil	1910
»	**Frey, Hans,** Dr. phil., Prof. am Seminar	Küsnacht b. Zch.	1896
»	**Gamper, Eduard,** Apotheker	Winterthur	1890
»	**Geiser, Karl Friedrich,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Küsnacht b. Zch.	1883
»	**Gerlach, Rudolf,** Dr., Prof. am Seminar	Küsnacht b. Zch.	1905
»	**Gogarten, Emil,** Dr., Bergingen., Vizedir. d. Conc. Bibliogr.	Zollikon	1907
»	**Gramann, August,** Dr. phil., Bezirkslehrer	Elgg, Kt. Zch.	1899
»	**Grisch, Andreas,** Dr., Assist. a. d. agrikulturbotan. Anstalt	Oerlikon	1907
»	**Guggenheim, William,** Kaufmann	Baden, Aargau	1910

			seit
Hr.	**Halperin, Jakob,** Dr. med.	Uster	1910
»	**Holliger, Wilhelm,** Dr., Seminarlehrer	Wettingen	1896
»	**Huber, Hermann,** Ingenieur	Männedorf	1900
»	**Huber, Max,** Dr., Prof. der Rechte an der Universität	Schloss Wyden b. Ossingen	1910
»	**Imhof, Othmar Emil,** Dr.	Königsfelden-Brugg	1882
»	**Keer, Arnold,** Chemiker	Kilchberg b. Zch.	1910
»	**Keller, Emil,** Dr. med.	Küsnacht b. Zch.	1910
»	**Keller, Konrad,** Landwirt	Oberglatt	1902
»	**Kienast, Alfred,** Dr., Privatdozent am Polytechnikum	Küsnacht b. Zch.	1905
»	**Kleiber, Albert,** Dr., Lebensmittelinspektor	Liestal	1893
»	**Kœlsch, Adolf,** Dr., naturwiss. Schriftsteller	Kilchberg b. Zch.	1910
»	**Kopp, Robert,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	St. Gallen	1896
»	**Künzli, Emil,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	1901
»	**Kunz, Carl,** Sekundarlehrer	Schlieren	1911
»	**Lalive, August,** Dr., Prof. am Gymnasium	La Chaux de Fonds	1899
»	**Leuzinger, Rudolf,** Vorsteher der kant. Mädchen-Erz.-Anst.	Mollis	1909
»	**Mauderli, Sigmund,** Dr., Prof.	Solothurn	1908
»	**Meister, Friedrich,** Sekundarlehrer	Horgen	1893
»	**Müller-Thurgau, Hermann,** Dr., Direkt. d. Schw. Versuchsanst.	Wädenswil	1891
»	**Näf, Max,** Dr. med.	Oerlikon	1910
»	**Oppliger, Fritz,** Dr., Prof. am Seminar	Küsnacht b. Zch.	1893
»	**Osterwalder, Adolf,** Dr., Assistent a. d. Schw. Versuchsanst.	Wädenswil	1903
»	**Pünter, Albert,** Sekundarlehrer	Uster	1910
»	**Ris, Friedrich,** Dr., Direktor der Pflegeanstalt	Rheinau	1892
»	**Schneider-von Orelli, Otto,** Dr. phil., Assist. a. d. Schw. Versuchsanst.	Wädenswil	1910
»	**Staub-Elmenhorst, Bernhard,** Kaufmann	Zollikon	1910
»	**Staub, Johann,** Dr., Lehrer an der höhern Töchterschule	Luzern	1904
»	**Stauffacher, Heinrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Frauenfeld	1893
»	**Steiger, Karl,** Kunstmaler	Kilchberg b. Zch.	1910
»	**Suter, Heinrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Küsnacht b. Zch.	1871
»	**Usteri, Alfred,** Dr., Sekundarlehrer	Dübendorf	1910
Frl.	**Wachter, Ida,** Sekundarlehrerin	Feldmeilen	1910
Hr.	**Wartenweiler, Traugott,** Sekundarlehrer	Oerlikon	1895
»	**Wiederkehr, Rudolf,** Sekundarlehrer	Oberrieden b. Zch.	1910
»	**Wittenbach, F. von,** Dr.	Lausanne	1907
»	**Wyssling, Walter,** Dr., Prof.	Wädenswil	1893
»	**Zuberbühler, Arnold,** a. Sekundarlehrer	Bern	1892
»	**Zuppinger, Emil,** Fabrikant	Wallisellen	1892

IX.

Auswärtige Mitglieder.

Ausserhalb der Schweiz wohnend.

Hr.	**Bohbeck, Kasimir,** Prof.	Przemysl. Galiz.	1894
»	**Bühler, Anton,** Dr., Prof. an der Universität	Tübingen	1882
»	**Burkhardt, Heinrich,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	München	1897
»	**Culmann, Paul,** Dr.	Paris	1885

			seit
Hr.	**Disteli, Martin,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Karlsruhe	1892
»	**Dörr, Karl,** Dr. med.	Frankfurt a. M.	1896
»	**Driesch, Hans,** Dr.	Heidelberg	1892
»	**Eggeling, Heinrich,** Dr. med., Prof. an der Universität	Jena	1888
»	**Emden, Robert,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	München	1888
»	**Ernst, Paul,** Dr. med., Prof. an der Universität	Heidelberg	1901
»	**Escher, Berend,** Dr. sc. nat., Assist. a. Geol. Min. Inst. d. Univ.	Amsterdam	1910
»	**Frey, Max von,** Dr. med., Prof. an der Universität	Würzburg	1898
»	**Goldschmidt, Heinrich,** Dr., Prof. an der Universität	Christiania	1881
»	**Grandmougin, Eugène,** Dr., Prof.		1905
»	**Hegi, Gustav,** Dr., Prof. an der Universität	München	1903
»	**Herbst, Kurt,** Dr.	Heidelberg	1892
»	**Heubner, Wolfgang,** Dr. med.	Göttingen	1905
»	**Höber, Rudolf,** Dr. med., Prof. an der Universität	Kiel	1889
»	**Jordan, Hermann,** Dr., Privatdozent an der Universität	Tübingen	1903
»	**Lorenz, Richard,** Dr., Prof.	Frankfurt a. M.	1897
»	**Martin, Paul,** Dr., Prof. an der Universität	Giessen	1889
»	**Maurizio, Adam,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Lemberg	1902
»	**Messerschmitt, Johann Baptist,** Dr., Prof. an der Universität	München	1889
»	**Overton, Ernst,** Dr., Prof. an der Universität	Stockholm	1890
»	**Pfister, Rudolf,** Dr.	Lyon	1890
»	**Ribbert, Hugo,** Dr. med., Prof. an der Universität	Bonn	1893
»	**Rose, Edmund,** Dr. med., Prof. an der Universität	Berlin	1868
»	**Rothpletz, August,** Dr., Prof. an der Universität	München	1880
»	**Schall, Karl,** Dr., Prof. an der Universität	Leipzig	1889
»	**Schlaginhaufen, Otto,** Dr. phil.	Dresden	1904
»	**Schmidt, Ehrhardt,** Dr., Prof. an der Universität	Marburg	1908
»	**Schottky, Friedrich,** Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1883
»	**Stickelberger, Ludwig,** Dr., Prof. an der Universität	Freiburg i. Baden	1874
»	**Stöhr, Philipp,** Dr. med., Prof. an der Universität	Würzburg	1889
»	**Strohl, Hans,** Dr. phil., zool. Station	Neapel	1907
»	**Swellengrebel, Nicolaus Hendrik,** Dr. phil., Pr.-Doz. a. d. Univ.	Amsterdam	1908
»	**Swerinzew, Leonidas,** Dr.	Petersburg	1892
»	**Wundt, Wilhelm,** Dr. med., Prof. an der Universität	Leipzig	1874
»	**Zschokke, Achilles,** Dr., Direktor der Weinbauschule	Neustadt Pfalz	1890

X.

Vorstand und Kommissionen.

Vorstand.

Präsident:	Hr.	**Schröter, Carl,** Dr., Prof.	1910
Vizepräsident:	»	**Huber-Stockar, Emil,** Ingenieur	1910
Sekretär:	»	**Schoch-Etzensperger, Emil,** Dr.	1906
Quästor:	»	**Kronauer, Hans,** Dr., Mathem. der Rentenanstalt	1887
Bibliothekar:	»	**Schinz, Hans,** Dr., Prof.	1892
Beisitzer:	»	**Standfuss, Max,** Dr., Prof.	1910
»	»	**Egli, Karl,** Dr., Prof.	1910

Druckschriften-Kommission.

		seit
Präsident:	Hr. **Rudio, Ferdinand,** Dr., Prof.	1894
Mitglieder:	» **Heim, Albert,** Dr., Prof.	1894
	» **Lang, Arnold,** Dr., Prof.	1894

Engere Bibliotheks-Kommission (Fachbibliothekare).

Präsident: Hr. **Schinz, Hans,** Dr., Prof.
Mitglieder: » **Martin, Rudolf,** Dr., Prof.
» **Bretscher, Konrad,** Dr.
» **Aeppli, August,** Dr., Prof.
» **Beck, Alexander,** Dr., Prof.
» **Pfeiffer, Paul,** Dr., Prof.
» **Arbenz, Paul,** Dr., Privatdozent.

Die weitere Bibliotheks-Kommission besteht aus dem Präsidenten der Gesellschaft, den Fachbibliothekaren und den Herren:

Keller, Konrad, Dr., Prof.
Rudio, Ferdinand, Dr., Prof.
Schröter, Carl, Dr., Prof.
Weber, Heinrich Friedrich, Dr., Prof.
Werner, Alfred, Dr., Prof.
Field, Herbert Haviland, Dr., Direktor des Concilium Bibliographicum.
Rikli, Martin, Dr., Prof.

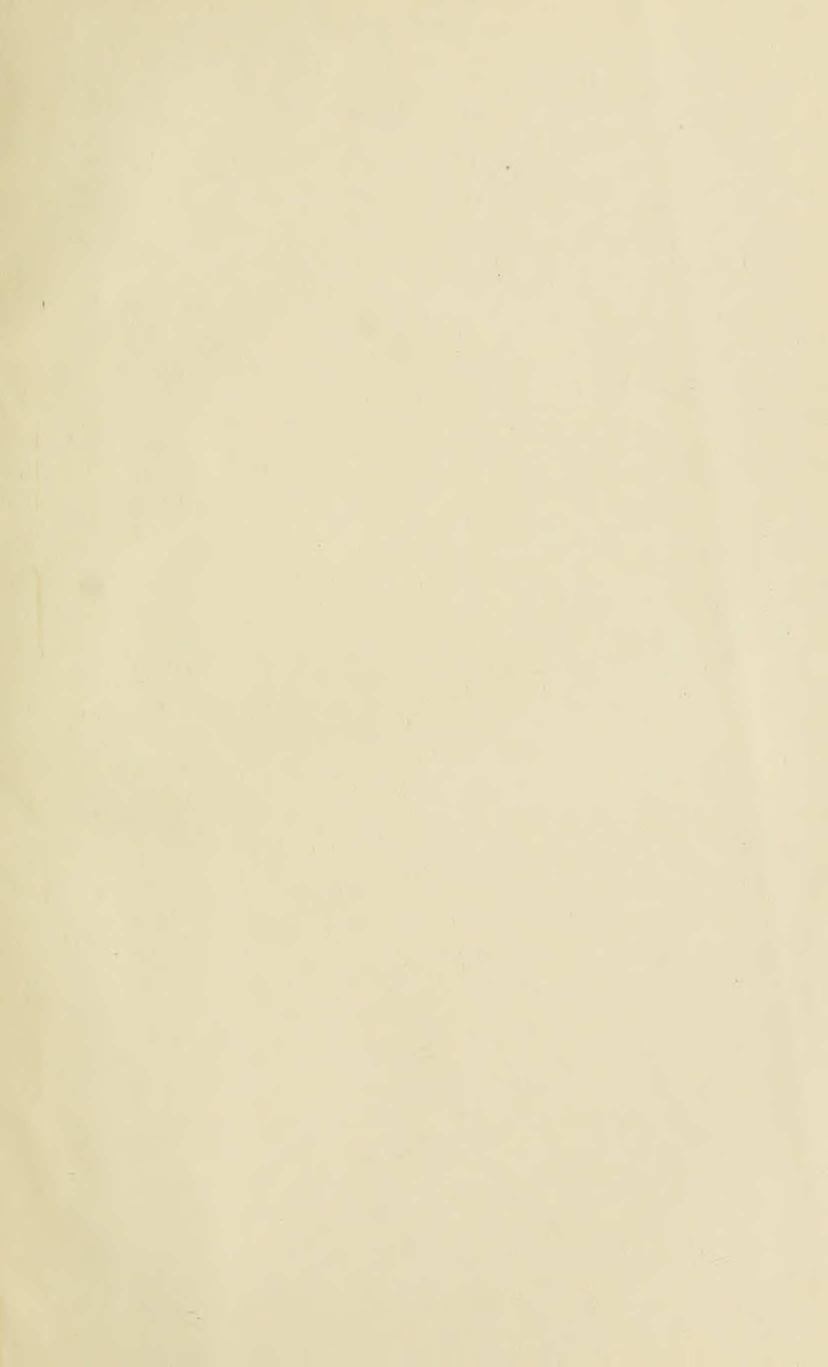
Abwart: Hr. **Koch, Hans Heinrich,** Rämistrasse 44; gewählt 1882.

Rekapitulation.

	auf Ende 1910	auf 13. März 1911
I. Ehrenmitglieder	13	13
II. Korrespondierende Mitglieder	2	1
III. Ordentliche Mitglieder		
A. In Zürich wohnend	269	303
B. Ausserhalb Zürichs wohnend	63	66
IV. Auswärtige Mitglieder	39	39
	386	422












UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 084208351